

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de pós-graduação em Ciência Florestal

Caroline Conrado Ferreira

**COLEOPTERA SCARABAEIDAE EM CORREDORES ECOLÓGICOS NA
EUCALIPTOCULTURA DO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA**

**Diamantina- MG
2015**

Caroline Conrado Ferreira

**COLEOPTERA SCARABAEIDAE EM CORREDORES ECOLÓGICOS NA
EUCALIPTOCULTURA DO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciência Florestal, nível de
Mestrado, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Sebastião Lourenço de Assis
Júnior - UFVJM

Diamantina-MG

2015

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

F383c	<p>Ferreira, Caroline Conrado</p> <p>Coleoptera Scarabaeidae em corredores ecológicos na eucaliptocultura do Alto Vale do Jequitinhonha / Caroline Conrado Ferreira. – Diamantina, 2015.</p> <p>63 p. : il.</p> <p>Orientador: Sebastião Lourenço de Assis Júnior Coorientador: Evandro Luiz Mendonça Machado</p> <p>Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p>1. Besouros escarabeídeos. 2. Heterogeneidade. 3. Eucalipto. I. Título II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;">CDD 634.973</p>
-------	--

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Caroline Conrado Ferreira

**COLEOPTERA SCARABAEIDAE EM CORREDORES ECOLÓGICOS NA
EUCALIPTOCULTURA DO ALTO VALE DO JEQUITINHONHA**

Dissertação apresentada ao programa de
Pós-graduação em Ciência Florestal,
nível de Mestrado, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre.

Prof. Sebastião Lourenço de Assis Júnior

Data de aprovação 24/09/2015

Prof. Evandro Luiz Mendonça Machado
DEF/UFVJM

Prof. Marcus Alvarenga Soares
DAG/UFVJM

Prof. Márcio Leles Romarco de Oliveira
DEF/UFVJM

Diamantina

**Para minha mãe querida,
ofereço.**

**Pela oportunidade oferecida, por toda
confiança, amizade e ensinamentos agradeço, e
ao professor Lourenço, dedico.**

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de pós-graduação em Ciência Florestal ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, pela oportunidade de realização do curso.

À UFVJM, pela bolsa de estudos concedida.

Aos seus financiadores: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, UFVJM e Aperam Bioenergia, pela oportunidade de realizar a coleta dos dados deste trabalho.

Ao Fabiano Lourenço dos Santos, pela gigantesca contribuição com as coletas dos insetos.

Ao Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Melo (Universidade Federal do Mato Grosso) pela identificação das espécies de Scarabaeidae deste estudo.

Aos professores Evandro Luiz Mendonça Machado, Israel Marinho Pereira, Márcio Leles Romarco de Oliveira, Marcus Alvarenga Soares, Miranda Titon, e Marcelo Luiz de Laia pelos ensinamentos e contribuições.

Ao Adimir Santos Oliveira, o Teodoro, pela disponibilidade e gentileza habituais.

Aos colegas de estudos, companheiros de laboratório e amigos queridos por partilhar bons e memoráveis momentos: Tamires, Ludmila, Luciana, Zaira, Euller, Daniel, Tathi, Danilo, Thaiane, Nathália, meu agradecimento.

À Fernandinha, pela colaboração.

Aos amigos, que distantes, se fizeram presentes.

E à minha nova família: Ewerton e Júlia, pela alegria, amor, apoio e companheirismo, cuidados e mimos diários. É por vocês...

Que agradeço a Deus todos os dias.

RESUMO

Foram utilizadas espécies de Coleoptera Scarabaeidae como bioindicadores para avaliar a efetividade de faixas de vegetação em recomposição como corredores ecológicos entremeados a plantios comerciais de eucalipto. O estudo foi desenvolvido em cinco municípios do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. Comparou-se a estimativa da diversidade de espécies, relacionando os diferentes tipos de isca utilizados e os ecossistemas. A amostragem foi realizada em seis tipologias: regeneração inicial e avançada, com presença e ausência de remanescentes de *Eucalyptus* spp, o Cerrado e o plantio comercial. Utilizou-se armadilhas *pitfall*, iscadas com fezes humanas, fezes bovinas, baço bovino apodrecido e banana apodrecida. Estimadores de diversidade, de compartilhamento de espécies e de similaridade foram utilizados para aferir a diversidade alfa e beta das áreas estudadas. Foram realizadas análises de correspondência e Análise de Espécies Indicadoras. A presença de remanescentes de *Eucalyptus* spp. parece interferir nos resultados de riqueza, diversidade local e regional dos besouros. O atrativo composto por fezes humanas apresentou maior eficiência, atraindo maior quantidade de indivíduos, além da maior riqueza de espécies na maioria das fitofisionomias estudadas. Do total de espécies analisadas como indicadoras menos de 25% apresentaram preferência por alguma das quatro iscas e/ou por alguma das seis fitofisionomias. A heterogeneidade dos habitat afetou a riqueza e influenciou a estrutura e composição de espécies da assembleia de besouros escarabeídeos nas faixas ecológicas entremeadas a eucaliptocultura.

Palavras-chave: Besouros escarabeídeos, Heterogeneidade, Eucalipto.

ABSTRACT

To evaluate the effectiveness of native vegetation ranges on recovery as ecological corridors intermingled between eucalypt plantation, species of Scarabaeidae were used as bio-indicators. The study was conducted in five districts of Alto Jequitinhonha Valley, Minas Gerais. A comparison of the estimated diversity of species of the Scarabaeidae was made, relating different types of bait used and phytophysiognomies found in the area. Sampling was carried out in six sampling sites, including sites in early and advanced regeneration, with and without remnants of *Eucalyptus* spp., the Cerrado and the commercial planting. We used pitfall traps, baited with human feces, bovine feces, the attraction consists of human feces proved to be the most efficient, attracting greater number of individuals and species and rotten banana. Diversity, species sharing and similarity estimators were obtained to measure alpha and beta diversity of the studied areas. The presence of remnants of *Eucalyptus* spp. wealth appears to interfere in results, diversity and local regional beetles. Increased number of individuals, beyond the higher species richness in most of the studied vegetation types. Among the total sampled species and analyzed as indicator species, less than 25% had presented preference for any of the four baits and any of the six phytophysiognomies. The heterogeneity of habitat had affected the richness and had influenced the structure and composition of species of the assembly of scarabaeidean beetles at the ecological zones intermingled eucalyptus plantations.

Key words: Dung Beetle, Heterogeneity, Eucalyptus.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização geográfica da área em estudo abrangendo os municípios de Itamarandiba, Turmalina, Capelinha, Minas Novas e Carbonita, Estado de Minas Gerais, Brasil.....	29
Figura 2 - Faixas de vegetação em processo de regeneração natural entremeadas a eucaliptocultura, no Vale do Jequitinhonha, MG.	30
Figura 3 - Esquema de distribuição das armadilhas <i>pitfall</i> em cada um dos ecossistemas estudados.....	31
Figura 4 - Armadilhas <i>pitfall</i> utilizadas na captura dos besouros escarabeídeos no Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais.....	32
Figura 5 -Curvas de acúmulo de espécies (A) e de rarefação (B) de escarabeídeos para os ecossistemas das faixas de vegetação amostradas.....	38
Figura 6 - Perfis de diversidade para amostras de seis ecossistemas usando a Série de Hill.....	39
Figura 7 - Dendrograma resultante de uma classificação hierárquica, representativo de seis ecossistemas quanto à porcentagem de dissimilaridade em relação à riqueza de espécies de Scarabaeidae.....	42
Figura 8 - Diagrama de ordenação da Análise de correspondência retificada (DCA) das espécies de escarabeídeos encontradas nas áreas do estudo.....	45
Figura 9: Fêmea e macho de <i>Phanaeus palaeno</i>	50
Figura 10- Fêmea e machos de <i>Oxysternon palemo</i>	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies de Coleoptera, Scarabaeidae coletados em armadilhas <i>pitfall</i> iscadas com fezes humanas, fezes bovinas, carcaça e banana apodrecida, incluindo o total de espécies e de indivíduos por localidade e a estratégia de alocação de recurso. P = paracoprídeo, T = telecoprídeo, E = endocoprídeo e SI =sem informação.....	36
Tabela 2 - Estimativas de compartilhamento de espécies e índices de similaridade (Jaccard e Sørensen) de besouros escarabeídeos entre as faixas ecológicas entremeadas a eucaliptocultura, no Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais.....	40
Tabela 3 - Resultados da randomização das espécies de escarabeídeos encontradas nas seis áreas do no Alto Vale do Jequitinhonha, MG.....	44
Tabela4 - Espécies com resultados significativos na análise de espécies indicadoras (ISA) realizada com base na preferência alimentar.....	46
Tabela 5 - Espécies com resultados significativos na análise de espécie indicadoras (ISA) realizada com base nos seis ecossistemas.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS

°C - graus Celsius

cm - centímetros

et al - et alia

ml - mililitros

mm - milímetros

LISTA DE SIGLAS

C - Cerrado

CWb - Clima subtropical de altitude

DCA - *Detrended Correspondence Analysis*

PC - Plantio comercial de *Eucalyptus* spp.

RACE - Recomposição avançada de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp.

RASE - Recomposição avançada de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp.

RICE - Recomposição inicial de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp

RISE - Recomposição inicial de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp.

RPPNs - Reserva Particular do Patrimônio Natural

UFMT - Universidade Federal do Mato Grosso

UFVJM - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1 Cerrado: Modificação de habitats e conectividade da paisagem	21
3.1.1 O Cerrado	21
3.1.2 Introdução do plantio de eucalipto no Cerrado	22
3.1.3 Eucaliptocultura no Alto Vale do Jequitinhonha	23
3.1.4 Diversidade, conectividade da paisagem e o monocultivo.....	23
3.2 Aspectos gerais da família Scarabaeidae	25
3.2.1 Coleoptera: Scarabaeidae	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Área de estudo	29
4.2 Amostragem.....	30
4.3 Coleta, triagem e identificação dos insetos	30
3.4 Análise dos dados	32

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

No Alto Jequitinhonha, Minas Gerais, os plantios de eucalipto começaram na década de 1970. Embora em consonância com a política florestal adotada na ocasião, vários equívocos ambientais foram cometidos, como a substituição de grandes áreas naturais por maciços florestais homogêneos. Apesar de serem respeitadas as áreas de reserva e preservação permanente, as quais eram exigidas por lei, é comum a ocorrência de fragmentos isolados.

Objetivando a redução do impacto ambiental negativo promovido pelas extensas áreas de monocultivo, empresas do Setor Florestal vêm instalando faixas de vegetação nativa em processo de regeneração natural entre áreas de plantio comercial de eucalipto, interligando áreas de reserva legal a áreas de preservação permanente. Em tese estas faixas serviriam como corredores de fauna, conectando as áreas de vegetação nativa.

O grau de conectividade entre remanescentes de vegetação natural normalmente é afetado pelo aporte de crescimento da vegetação secundária em uma determinada paisagem. Além disso, habitats isolados e pequenos podem compreender uma pequena diversidade devido ao fato das taxas de migração da fauna serem supostamente baixas, ao contrário das taxas de extinções locais que, geralmente, são mais altas (MacARTHUR & WILSON, 1963). Assim, a escolha de grupos taxonômicos que sejam sensíveis a estes fatores é fundamental para os estudos de diversidade, conectividade e complementaridade (JENNINGS & TALLAMY, 2006).

Existe uma grande dificuldade científica e econômica de realizar levantamentos completos da biodiversidade. As indicações da necessidade de detalhamento em escala regional e local, além do estabelecimento de espécies indicadoras podem oferecer respostas adequadas e simplificar o seu manejo e gestão (BEAZLEY & CARDINAL, 2004). Bioindicadores são os mais utilizados para demonstrar os efeitos das mudanças ambientais (como alterações no hábitat, fragmentação e mudanças climáticas) no sistema biótico, às vezes funcionando, mesmo como um medidor do estado do ambiente (McGEOCH, 1998).

Estudos com bioindicadores servem em geral para dois propósitos: mostram se determinada perturbação tem ou não um impacto biótico, e fornecem informações essenciais para a conservação do táxon ou grupo indicador, principalmente quando se sabe que a espécie é rara ou ameaçada (BUTTERFIELD *et al.*, 1995). Os bioindicadores devem apresentar quatro características básicas: viabilidade; custo efetivo para amostragem; fácil

e confiável identificação; e funcionalidade e capacidade de responder aos distúrbios de maneira consistente (PEARCE & VENIER, 2006).

Os insetos são considerados bons indicadores dos níveis de impacto ambiental, devido a sua grande diversidade de espécies e habitat, além da sua importância nos processos biológicos dos ecossistemas naturais (WINK *et al.*, 2005, OLIVEIRA *et al.*, 2014). Também são excelentes organismos para avaliar o impacto da formação de fragmentos florestais, pois são altamente influenciados pela heterogeneidade do habitat (THOMAZINI & THOMAZINI, 2000). As mudanças nos padrões de comportamento e na abundância sazonal dos insetos têm sido utilizadas como ferramenta para explicar os distúrbios ambientais, em várias partes do mundo (PEARCE & VENIER, 2006; FREITAS *et al.*, 2006; NICHOLS *et al.*, 2007).

Um dos grupos mais usados como bioindicadores são os coleópteros escarabeídeos da subfamília Scarabaeinae, popularmente conhecidos como rola-bostas (KLEIN, 1989; HALFFTER & FAVILLA, 1993, DAVIS, 1994, HALFFTER & ARELLANO, 2002; NICHOLS *et al.*, 2007; GARDNER *et al.*, 2008b, VIEIRA *et al.*, 2008). Os escarabeíneos apresentam alta sensibilidade às perturbações naturais e/ou antrópicas no ambiente devido à estreita relação e dependência do meio e dos recursos disponíveis para a comunidade (HALFFTER & FAVILLA, 1993; HALFFTER & ARELLANO, 2002; HERNÁNDEZ, 2005, SCHEFFLER, 2005; BARLOW *et al.*, 2007; ENDRES *et al.*, 2007; NICHOLS *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2007; GARDNER *et al.*, 2008b, HERNÁNDEZ & VAZ-DE-MELLO, 2009). Outra vantagem da utilização de escarabeíneos em estudos que avaliam as consequências ecológicas de distúrbios é que sua utilização apresenta um alto desempenho, combinando baixos custos de coleta e certa facilidade na identificação de espécies (GARDNER *et al.*, 2008a).

As diferenças na composição das espécies de besouros bem como a abundância dos indivíduos entre os ecossistemas são explicadas pela preferência de parte dos espécimes por ambientes específicos, sendo utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental devido a sua fidelidade ecológica (HALFFTER, 1991). Assim sendo, o interesse por esse grupo é devido ao elevado grau de associação a habitats específicos, afetando a sua distribuição e tornando-os estreitamente relacionados com a cobertura vegetal e a fauna de mamíferos que a frequenta (HUTCHESON, 1990; FREITAS *et al.*, 2006).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar a estimativa da diversidade de espécies de Scarabaeidae em faixas de vegetação nativa entremeadas a eucaliptocultura, no Alto Vale do Jequitinhonha, relacionando os diferentes tipos de isca utilizados e ecossistemas encontrados na área.

2.2 Objetivos específicos

- 1) Avaliar a estimativa da riqueza e a diversidade local e regional de espécies de Scarabaeidae em quatro faixas de vegetação em processo de regeneração natural inicial e avançada, entremeadas a eucaliptocultura, com a presença ou não de remanescentes de *Eucalyptus* spp.;
- 2) Avaliar a relação entre a presença e a ausência de remanescentes de *Eucalyptus* spp. nestas faixas sobre a diversidade de besouros escarabeídeos;
- 3) Verificar se as faixas ecológicas entremeadas a eucaliptocultura estão exercendo o papel de conectividade, para os besouros escarabeídeos, entre as áreas de reserva legal e preservação permanente;
- 4) Verificar qual é o atrativo de maior eficiência para captura de besouros escarabeídeos nos ecossistemas em estudo;
- 5) Determinar potenciais espécies indicadoras de qualidade ambiental para a região por meio da relação da preferência alimentar das espécies e da relação das espécies de Scarabaeidae que melhor representam os ecossistemas das diferentes formações das faixas em estudo e
- 6) Analisar se o gradiente de heterogeneidade dos habitats afeta a riqueza e composição das espécies de escarabeídeos nas faixas ecológicas entre as áreas de plantio de *Eucalyptus* spp. no Alto Vale do Jequitinhonha.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cerrado: Modificação de habitats e conectividade da paisagem

3.1.1 O Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma em extensão territorial no Brasil e possui mais de 200 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 23% da área total do território nacional (WALTER *et al.*, 2008). Localizado na porção central da América do Sul, o Cerrado abrange os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal; com alguma ocorrência no Amapá, Roraima e Amazonas (MMA, 2011). Por ocupar área muito extensa, o Cerrado, ocorre em altitudes bastante variadas, de 300 m a mais de 1.600 m (MOTA *et al.*, 2014). Estas grandes amplitudes espaciais e de altitude promovem uma grande heterogeneidade ambiental (FELFILI *et al.*, 2004), refletindo em diversificado mosaico vegetacional ao longo do bioma.

No Cerrado existe uma grande diversidade de habitats, que determinam uma notável alternância de espécies entre diferentes fitofisionomias. Alguns autores apontam 11 tipos fitofisionômicos, divididos entre formações florestais, savânicas e campestres (MOTA *et al.*, 2014). Dentre estes, o cerrado *stricto sensu*, paisagem composta por espécies herbáceas, principalmente gramíneas, e com estrato de árvores e arbustos que possuem dossel variando de 10 a 60% de cobertura, é o mais extenso, ocupando cerca de 70% do bioma (FELFILI & FELFILI, 2001; FELFILI & SILVA-JUNIOR, 2005). Esse padrão acarreta maior diversidade de subtipos, com ambientes de vegetação densa, típica e rala sobre solos profundos e ambientes rupestres, com solos rasos e afloramentos rochosos, e com a presença de arbustos e árvores (WALTER, *et al.*, 2008). Apresenta clima predominantemente Tropical Sazonal, com precipitação anual média de 1500 mm e a temperatura variando entre 22 e 27°C (KLINK & MACHADO, 2005).

Considerado como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000), o Cerrado apresenta extrema abundância de espécies endêmicas e sofre uma excepcional perda de habitat. Do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas (MMA, 2015) Apesar do reconhecimento de sua importância biológica, de todos os *hotspots* mundiais, é o que possui a menor porcentagem de áreas sobre proteção integral. Apresenta 8,21% de seu território legalmente protegido por

unidades de conservação. Desse total, 2,85% são unidades de conservação de proteção integral e 5,36% de unidades de conservação de uso sustentável, incluindo RPPNs (Reserva Particular do Patrimônio Natural) (0,07%) (MMA, 2015). Estima-se que 20% das espécies nativas e endêmicas já não ocorram em áreas protegidas e que pelo menos 137 espécies de animais que ocorrem no Cerrado estão ameaçadas de extinção (MMA, 2015).

Nas últimas décadas houve aumento considerável da expansão do modelo agropecuário de monoculturas latifundiárias, o que culminou em graves consequências socioambientais (MENDES, 2014). As transformações ocorridas no Cerrado trouxeram grandes danos aos recursos naturais, como a fragmentação de habitats, e degradação dos ecossistemas (KLINK & MACHADO, 2005).

3.1.2 Introdução do plantio de eucalipto no cerrado

A introdução do cultivo de eucalipto foi favorecida pela política de incentivos fiscais ao reflorestamento dos governos militares (FISSET - Fundo de investimentos Setoriais). Tal política concedia às pessoas físicas e jurídicas descontos de até 50% no imposto de renda, se essa quantia fosse aplicada em projetos de reflorestamento próprios ou de terceiros. Essa medida atraiu os investidores, já que as pessoas jurídicas podiam abater as quantias dos impostos antes mesmo de executarem seus projetos, e as pessoas físicas podiam ter acesso a empréstimos para realizarem os investimentos (CALIXTO, 2009).

Minas Gerais foi o estado onde a política de incentivos fiscais foi mais expressiva, já que boa parte dos então denominados reflorestamentos deveria ser para a produção de carvão vegetal visando ao abastecimento da indústria siderúrgica nacional. Acontece que era justamente em Minas Gerais que se encontrava a maior parte dessas indústrias, fazendo com que também o governo do Estado criasse medidas para incentivar a monocultura florestal. Uma dessas medidas foi a criação dos Distritos Florestais, regiões prioritárias para o “reflorestamento”. As áreas definidas pelo governo como prioritárias para esse fim no estado foram: o Triângulo Mineiro, o Centro-Oeste e os Vales dos rios, Doce, São Francisco e Jequitinhonha (CALIXTO & RIBEIRO, 2007). Uma das justificativas para definir o Vale do Jequitinhonha como Distrito Florestal foi o objetivo de integrá-lo ao padrão de crescimento econômico de Minas Gerais, com programas que pretendiam acelerar “o incremento da renda e do emprego, por meio do incentivo, da coordenação e do planejamento para melhor aproveitamento da área” (CALIXTO & RIBEIRO, 2007).

3.1.3 Eucaliptocultura no Alto Vale do Jequitinhonha

No Alto Jequitinhonha, Minas Gerais, o surgimento do plantio de extensas áreas de monocultivo de eucalipto por empresas de bioenergia, nas décadas de 1970, tornou-se uma das principais opções de renda e empregos da região. Atraídas pelos incentivos fiscais, pelas condições das terras e pelas facilidades de aquisição concedidas pelo governo, empresas de grande porte escolheram a região para seus projetos de “reflorestamento”, substituindo o Cerrado pela eucaliptocultura.

Essa atividade levou tanto a modificação quanto a fragmentação de habitats, que compreendem os dois tipos mais comuns de conversão da paisagem. O primeiro termo envolve a alteração direta de um habitat, como resultado das atividades humanas, enquanto o segundo abrange a reconfiguração de um habitat em pequenos e isolados “retalhos” dentro de uma matriz de habitat modificado (NICHOL *et al.*, 2007).

3.1.4 Diversidade, conectividade da paisagem e o monocultivo

A estrutura da paisagem fragmentada contém elementos com variados graus de interação, como a matriz (ecossistema predominante), fragmentos (porções de habitats nativo fragmentado) e corredores (faixas de vegetação que conectam os fragmentos) (METZGER, 1999).

As faixas de vegetação podem ser formadas em canais de drenagem, cercas, bordas de estradas, entre outras situações onde a vegetação nativa é mantida ou árvores são plantadas (LOUZADA, 2000). Essas faixas de vegetação conectam habitats, melhorando, então, a chance de sobrevivência de populações isoladas. Podem ter múltiplas funções dependendo do organismo foco e do momento em questão, incluindo condução (movimento pelo corredor), habitat, filtro, barreira, fonte e recurso (HESS & FISHER, 2001). Entretanto, uma característica da paisagem benéfica para um animal como um mamífero, pode não necessariamente ser favorável para outros animais, por exemplo, para os insetos (SAMWAYS, 2007).

A diversidade não está correlacionada à densidade de indivíduos na população, mas sim ao conjunto de espécies e o seu número de representantes. Uma das maneiras de quantificá-la é por meio da contagem das espécies presentes nas amostras. De acordo com Mac Arthur (1964) a diversidade é a própria riqueza de espécies na área. E segundo Hill (1973), a diversidade é um parâmetro possível de ser mensurado, cujos valores encontrados podem ser explicados por uma série de teorias e expressões matemáticas.

A diversidade dentro de um habitat não deve ser confundida com a diversidade de uma região que contém vários habitats. Portanto, de acordo com a escala utilizada, podem-se distinguir três tipos de diversidade: alfa (α), beta (β) e gama (γ). A diversidade α , ou local, corresponde à diversidade dentro de um habitat ou comunidade, e é bastante sensível à definição de habitat, e à área e intensidade da amostragem. A diversidade γ , ou regional, corresponde à diversidade de uma grande área, bioma, continente, ilha, etc. A diversidade β corresponde à diversidade entre habitats ou outra variação ambiental qualquer, isto é, mede o quanto a composição de espécies varia de um lugar para outro (MELO, 2008).

A fragmentação de habitats é considerada como uma das maiores ameaças à conservação da biodiversidade (CROKS & SANJAYAN, 2006). A perda de habitats naturais ocasionada tem severas consequências sobre a biodiversidade, pois afeta a taxa de crescimento populacional, diminui o comprimento e a diversidade da cadeia trófica e altera as interações entre as espécies (FORERO-MEDINA & VIEIRA, 2007). Esse processo leva à transformação do habitat remanescente influenciada por alterações, que podem ser bióticas (distribuição de espécies e interações entre organismos) ou abióticas (condições microclimáticas), provocadas pela interação fragmento-matriz (BRASIL, 2005).

A conectividade de uma paisagem depende da distância entre as manchas de habitats, da presença de corredores e trampolins ecológicos (*stepping stones*), entre os fragmentos e da permeabilidade da matriz ao movimento entre as manchas (BAUM *et al.*, 2004; PARDINI *et al.*, 2005). Uma maior conectividade na paisagem estaria associada a uma maior similaridade estrutural entre os elementos introduzidos e o habitat original ou as manchas remanescentes (GASCON, 1999).

Outro fator de discussão decorrente dos monocultivos é a simplificação de habitats. Ambientes mais heterogêneos disponibilizariam mais recursos (SILVA *et al.*, 2010). Essa relação positiva entre o aumento da heterogeneidade do habitat e o aumento da riqueza já foi registrada para várias espécies de animais. Porém, dependendo do grupo taxonômico e da escala espacial, a riqueza pode ter relação negativa com o aumento da heterogeneidade de habitat (SILVA *et al.*, 2010), podendo influenciar a composição das assembleias de espécies (LASSAU & HOCHULI, 2004; DURÃES *et al.*, 2005). Ambientes com níveis de heterogeneidade de habitat variáveis apresentam diferenças nos níveis de luminosidade, temperatura e umidade. Essas características podem determinar a

ocorrência ou não de populações, dando suporte para a reprodução, nidificação, desenvolvimento e forrageamento das diferentes espécies de animais (SILVA *et al.*, 2010.)

Vários estudos têm demonstrado que a manutenção da cobertura florestal e da complexidade estrutural em ambientes modificados pode ajudar a manter comunidades semelhantes às encontradas em áreas intactas (VULINEC *et al.*, 2006; NICHOLS *et al.*, 2007; QUINTERO & HALFFTER, 2009). Dessa maneira, estudos com objetivos relacionados a abordagens ecológicas sobre conectividade da paisagem e o efeito do uso do solo sobre as comunidades bióticas, se tornam de grande importância para gestão da efetividade da implementação de faixas ecológicas entre a eucaliptocultura.

3.2 Aspectos gerais da família Scarabaeidae

3.2.1 Coleoptera: Scarabaeidae

A ordem Coleoptera (do grego, *koleos* = estojo; *pteron* = asa) é a maior ordem da classe Insecta. Possui aproximadamente 350.000 espécies descritas, representando 40% do total de insetos (TRIPLEHORN & JOHNSON, 2005). Conforme Costa (2000), para a região neotropical estão registrados 6.703 gêneros e 72.476 espécies de besouros, das quais aproximadamente 30.000 são descritas para o Brasil. Esse grupo sobressai, também, pela abundância nos mais diferentes ecossistemas e atua em vários níveis tróficos, o que pode classificá-los como pragas agrícolas, polinizadores, dispersores de sementes, predadores e decompositores (TRIPLEHORN & JOHNSON, 2011). Apresentam grande diversidade de comportamentos e de funções nos ecossistemas. São sensíveis às mudanças ambientais, que afetam diretamente a riqueza, a distribuição, a abundância e até a estrutura de suas guildas.

Os besouros pertencentes à família Scarabaeidae *stricto sensu* que compreende cerca de 28.000 espécies (HANSKI & CAMBEFORT, 1991) ocorrem no Brasil em sete tribos: Ateuchini, Canthonini, Coprini, Eurysternini, Gromphini, Onthophagini e Phanaeini (ZUNINO, 1985; HANSKI & CAMBEFORT, 1991; MONTREUIL, 1998). Possuem coloração bastante variável, com tamanho de dois a cinco cm e são encontrados em maior abundância durante a estação chuvosa (HALFFTER & MATTHEWS, 1966; HANSKI & CAMBEFORT, 1991; LOPES *et al.*, 1994). Constituem um grupo monofilético, com aproximadamente 200 gêneros e mais de 6.000 espécies descritas. São besouros cosmopolitas, com maioria restrita às áreas com precipitação superior a 250 mm e temperatura média anual superior a 15 °C (HALFFTER, 1991).

O método de coleta afeta a quantificação da comunidade e deve revelar as espécies representativas e a abundância relativa de cada uma delas. Este deve ser diferente para os grupos de insetos, pois, estes apresentam grande variabilidade de hábitos e são influenciados pela vegetação da área de coleta (CAMPOS *et al.*, 2000). Na captura de espécimes de Scarabaeidae *stricto sensu* tem sido utilizados métodos de coleta passiva, ou seja, aqueles realizados com o auxílio de uma armadilha com atrativos biológicos ou físicos.

O método apropriado para monitorar a abundância de insetos desta família consiste de armadilhas de queda iscadas com excrementos, carcaças ou frutos em decomposição, as quais são enterradas no solo. Na coleta de besouros coprófagos, são utilizadas como iscas fezes humanas ou de herbívoros (gado bovino ou cavalo) e, na coleta de besouros necrófagos, pedaços de peixes, lulas (FAVILA & HALFFTER, 1997), ou ainda, vísceras apodrecidas de animais (MILHOMEN *et al.*, 2003). Em seus estudos, estes autores constataram que a armadilha de queda com isca de fezes humanas é a mais indicada para coletas de besouros copronecrófagos no Cerrado.

Os besouros escarabeídeos tornaram-se altamente especializados no forrageamento e na seleção de recursos (HANSKI & CAMBEFORT, 1991). Eles são detritívoros, e na região neotropical, são divididos de acordo com cinco tipos básicos de dieta: (1) os coprófagos, que se alimentam de fezes; (2) os necrófagos, que se alimentam de carcaças e cadáveres; (3) os saprófagos, que se alimentam de material vegetal em decomposição, principalmente frutos; (4) os micrófagos, que se alimentam de fungos em decomposição; e (5) os generalistas, como os copronecrófagos e demais combinações possíveis (HALFFTER *et al.*, 1992).

Conforme a alocação de recursos, os besouros escarabeídeos podem ser classificados em três guildas ou grupos funcionais, envolvendo ou não o transporte de recursos para locais fora da fonte original: (1) os escavadores ou paracoprídeos, que utilizam túneis; (2) os rolores ou telecoprídeos, que transportam na superfície e enterram a pequenas profundidades; e (3) os residentes ou endocoprídeos, que permanecem dentro ou sob o depósito de recurso, utilizando-o *in loco*. Alguns autores, no entanto, preferem divisões mais rigorosas. Doube (1990), por exemplo, identificou sete grupos funcionais de besouros coprófagos somente em relação à forma como utilizam as fezes.

A fauna de besouros escarabeídeos é altamente sazonal, sendo normalmente controlada por três fatores: disponibilidade de recursos, temperatura e precipitação

(HANSKI & CAMBEFORT, 1991). Os picos de riqueza, abundância e biomassa ocorrem na estação chuvosa, quando esses besouros apresentam máxima atividade diária (HILL, 1995; GALANTE *et al.*, 1995; ESCOBAR, 2004), em padrões variados de horários, mas principalmente em períodos crepusculares e noturnos (HILL, 1996; HALFFTER *et al.*, 1992).

A família Scarabaeidae constitui taxa bem definidos e, em determinada área, seus membros constituem guildas, cuja alta diversidade simpátrica, abundância e dependência mútua de recursos torna-os ideais para o estudo de interações competitivas (HOWDEN & NEALIS, 1975). O tipo de alimento (qualidade e quantidade), a seleção de habitat, o tamanho do besouro e a atividade diária são os componentes mais importantes na competição por recursos em assembleias de besouros escarabeídeos (HANSKI & CAMBEFORT, 1991). Para Halffter & Favila (1993), os besouros escarabeídeos podem ser utilizados para: (1) análise da estrutura de guildas, em relação a estratégias de alocação de recursos, à especialização e ao grau de generalização de dieta (diversidade trófica) e atividade temporal (diária ou anual); e (2) para análise da diversidade de guildas por meio da riqueza de espécies e índices de diversidade como variáveis biológicas para inventário e monitoramento da biodiversidade em diferentes usos da terra.

Um dos grupos mais usados como bioindicadores são os da subfamília Scarabaeinae, popularmente conhecidos como rola-bostas (KLEIN, 1989; HALFFTER & FAVILLA, 1993, DAVIS, 1994, HALFFTER & ARELLANO, 2002; NICHOLS *et al.*, 2007; GARDNER *et al.*, 2008b, VIEIRA *et al.*, 2008). Esta subfamília é constituída de mais de 7.000 espécies descritas. Pesquisadores publicaram uma revisão sobre o tema na qual listam e descrevem as principais funções ecológicas nas quais os Scarabaeinae estão envolvidos, sendo elas: (a) ciclagem de nutrientes; (b) bioturbação (movimentação e mistura do solo por organismos vivos), o que aumentaria a aeração do solo e sua permeabilidade à água; (c) aumento no desenvolvimento das plantas (graças à bioturbação e mobilização de nutrientes para o solo); (d) dispersão secundária de sementes; (e) supressão parasitária; (f) dispersão parasitária, podendo seus corpos servir como transportadores, hospedeiros intermediários ou acidentais; (g) controle de moscas coprófagas; (h) regulação trófica (a predação do besouro *Canthon virens* sobre as formigas cortadeiras do gênero *Atta*); e (i) polinização, restrita a poucas espécies de plantas (NICHOLS *et al.*, 2008).

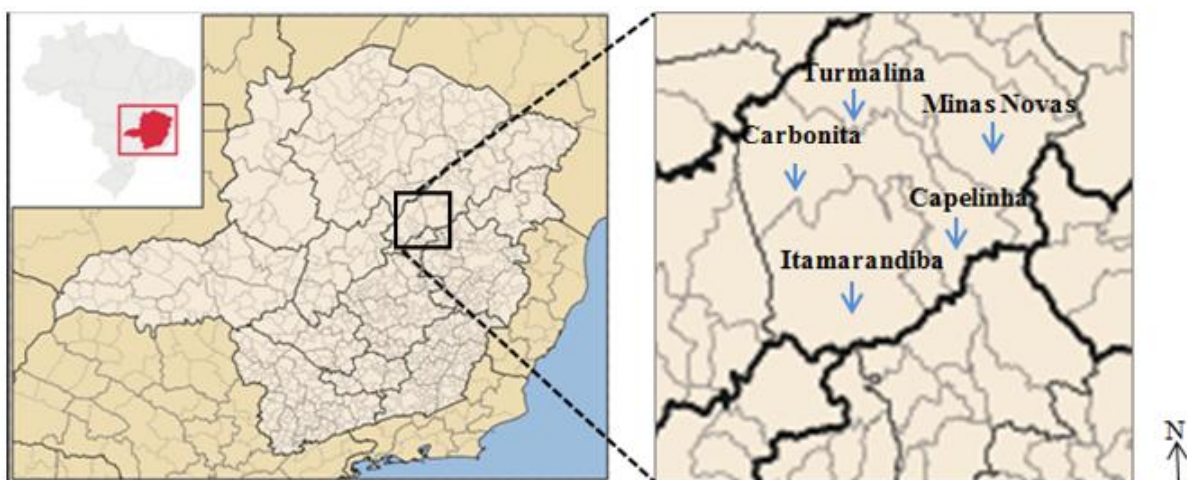
Algumas espécies de besouros escarabeídeos possuem abundância muito reduzida ou elevada em áreas com características distintas. Isso as tornam adequadas como indicadoras ambientais (HALFFTER & FAVILLA, 1993). Certas espécies possuem alta especificidade de habitat (ALMEIDA & LOUZADA, 2009) e acabam sendo fortemente influenciadas pela fragmentação e perda de habitat, podendo ter sua distribuição restrita ou mesmo desaparecer localmente (DAVIS & PHILIPS, 2005; HERNÁNDEZ & VAZ-DE-MELLO, 2009). Em áreas fragmentadas ou degradadas é comum encontrar uma menor riqueza de espécies quando comparadas a áreas conservadas (KLEIN, 1989; HALFFTER & FAVILLA, 1993; DAVIS *et al.*, 2001; GARDNER *et al.*, 2008a; RESENDE, 2012; SILVA *et al.*, 2010, MORAIS & KÖHLER, 2011). Também respondem a alterações na composição da paisagem (LOUZADA *et al.*, 2010), fazendo com que áreas vizinhas, mas com diferentes estruturas vegetacionais apresentem espécies diferentes (ALMEIDA & LOUZADA, 2009; SILVA *et al.*, 2010). Isto ocorre, principalmente, entre ambientes fechados (florestas) e ambientes abertos (cerrado, chaco ou pastagem) (SPECTOR & AYZAMA, 2003; SCHEFFLER, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A área em estudo está localizada no Planalto do Jequitinhonha em plantios de *Eucalyptus* spp. nos municípios de Itamarandiba, Turmalina, Capelinha, Minas Novas, e Carbonita entre os paralelos 15° e 19° e os meridianos 40° e 44°, em Minas Gerais, Brasil (figura 1).

Figura 1 - Localização geográfica da área em estudo abrangendo os municípios de Itamarandiba, Turmalina, Capelinha, Minas Novas e Carbonita, Estado de Minas Gerais, Brasil.



Fonte: Wikipédia, adaptado. https://pt.wikipedia.org/wiki/Minas_Gerais, acessado em 15 de agosto de 2015.

O relevo da região é caracterizado por áreas planas, ou suavemente ondulado, denominado regionalmente por Chapadas com altitudes médias em torno de 900 metros. Alternam-se com áreas dissecadas que acompanham os maiores cursos d'água, onde predominam vertentes ravinadas e colinas. Os solos dominantes são os latossolos: A classificação foi efetuada com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA. De acordo com a análise realizada em amostras coletadas nos mesmos pontos de amostragem onde foram feitas as coletas entomológicas ocorrem o Latossolo Vermelho Distrófico típico, horizonte A moderado ou proeminente, textura argilosa e o Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico horizonte A moderado ou proeminente, textura argilosa ou muito argilosa (SILVA, 2006).

O clima da região é do tipo CWb (subtropical de altitude) segundo a classificação de Köppen (ANTUNES, 1986) sendo a média anual de precipitação pluvial

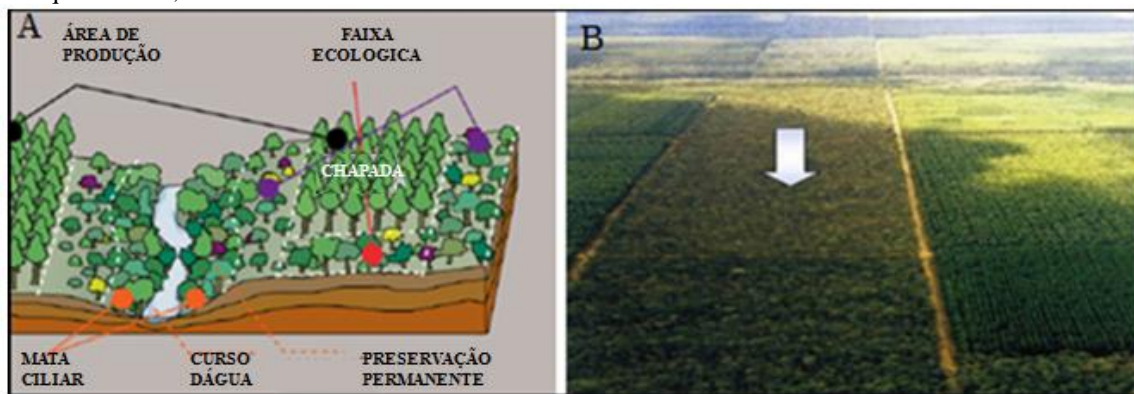
de 1081 mm, com verões chuvosos e invernos secos. A temperatura anual média de 20,1 °C, variando de 16,3 à 23,8 °C entre os meses extremos

A vegetação encontrada é composta por formações savânicas, predominantemente de Cerrado *stricto sensu* (RIBEIRO & WALTER, 1998), sendo também encontradas manchas de Floresta Estacional Semidecidual.

4.2 Amostragem

A avaliação da diversidade compreendeu a amostragem de Scarabaeidae durante os meses de dezembro de 2004 e 2005. A coleta dos insetos foi realizada em quatro ecossistemas (faixas) de 200 metros de largura e 1000 metros de comprimento antes cultivadas com *Eucalyptus* spp., onde então havia ocorrência do processo de regeneração natural, entremeadas a faixas de 2000 metros de largura cultivadas com *Eucalyptus* spp (figura 2). Em algumas faixas as rebrotas dos eucaliptos foram totalmente eliminadas e em outras foram deixadas crescer livremente. Foram consideradas recomposição inicial e avançada, aquelas áreas cujo tempo de regeneração natural da vegetação era inferior a três e superior a cinco anos, respectivamente. O plantio comercial contava com sete anos de idade e a área de Cerrado apresentava fitofisionomia considerada como de Cerrado *stricto sensu*.

Figura 2 - Faixas de vegetação em processo de regeneração natural entremeadas a eucaliptocultura, no Vale do Jequitinhonha, MG.



A) Ilustração do esquema das faixas interligando áreas de reserva legal a áreas de preservação permanente. B) A seta indica a faixa de 200x1000 metros de vegetação nativa em recomposição, entremeadas a blocos de 2000 metros de largura cultivadas com *Eucalyptus* spp. Fonte: folders de empresas da região.

Os sítios de amostragem compreenderam os seguintes ecossistemas: (1) Cerrado, (2) Plantio comercial de *Eucalyptus* spp. (PC); (3) Recomposição inicial de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp (RICE); (4) Recomposição inicial de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp. (RISE); (5) Recomposição avançada de

Figura 4 - Armadilhas *pitfall* utilizadas na captura dos besouros escarabeídeos no Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais



A) Recipiente plástico de 1000 ml de capacidade; B) Recipiente plástico com capacidade de 50 ou 100 ml; C) Arame liso; D) Cobertura plástica.

4.3 Coleta, triagem e identificação dos insetos

O líquido contendo os insetos capturados foi despejado em uma peneira fina e os estes foram dispostos em sacos plásticos com solução de álcool 50%. Cada um dos recipientes foi identificado (local, tipo e número da armadilha e data da coleta) e levado ao laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) para a triagem. Os besouros escarabeídeos foram acondicionados em mantas entomológicas devidamente identificadas (data, horário da coleta, número e tipo de armadilha), secos em estufa (durante 24 horas, à temperatura de 35°C) e, enviados para identificação por especialistas na taxonomia da família Scarabaeidae, Dr. Fernando Zagury Vaz-de-Melo. Após serem identificados, foram depositados nas coleções da UFVJM, na coleção da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT).

4.4 Análise dos dados

Curvas de acumulação de espécies foram construídas para cada local para verificar a suficiência amostral. Estas permitem avaliar o quanto um estudo se aproxima de amostrar todas as espécies do local. Quando a curva estabiliza, ou seja, nenhuma espécie nova é adicionada, significa que a riqueza total foi obtida. A partir disso, novas amostragens não são necessárias.

A determinação das estimativas de diversidade local, foi realizada por meio da série de Hill. Um dos maiores problemas no uso de índices de diversidade é a falta de critérios na escolha de um dado índice de diversidade. Ainda, a escolha de um determinado índice pode influenciar o padrão obtido. Outro índice poderia resultar em outro padrão. Como solução a esta indeterminação fez-se o uso de uma generalização conhecida como Série de Hill (Hill, 1973). A série de Hill é considerada uma fórmula “unificadora” dos

índices de diversidade, dado pela fórmula: $Na = (p_1^a + p_2^a + p_3^a + \dots + p_s^a)^{1/(1-a)}$; sendo: p_1 , p_2 , p_3 , p_s , as abundâncias proporcionais das S espécies na amostra, e a o parâmetro considerado. Os Índices são ordenados em um “*continuum*” e diferem na tendência de incluir ou não espécies mais raras. Para o parâmetro $a = 0$, o valor de diversidade é igual ao número de espécies na amostra. Para a tendendo a 1, o valor de diversidade é equivalente ao Índice de Shannon (base neperiana) e pode ser obtido por $e^{(N1)}$, onde $e = 2,718282$. Para $a = 2$, o valor é igual ao obtido com o inverso do Índice de Simpson $(1/D)N = \infty$ (recíproca de Berger-Parker).

Para comparação da riqueza entre os ecossistemas foram construídas curvas de rarefação, que consistem em calcular o número esperado de espécies em cada amostra para um tamanho de amostra padrão. Análises de regressão simples foram efetuadas para aferir a significância da relação entre o número de espécies compartilhadas e os índices de similaridade (Jaccard e Sørensen) entre as vegetações estudadas com a utilização do programa StatView 5.0.1.

Estimadores de compartilhamento, Índices de similaridade de Jaccard (S_j) e Sørensen (S_s) foram calculados para análise da diversidade entre os ecossistemas. Estes coeficientes comparam comunidades de forma quantitativa variando de 0 (nenhuma similaridade) a 1 (total similaridade). Curvas de acumulação, curvas de rarefação, estimadores de compartilhamento de espécies e índices de similaridade entre as vegetações estudadas foram gerados com a utilização do programa EstimateS versão 8.0 para Windows (COLWELL, 2006), computando 100 replicações aleatórias para cada estimativa.

Foi utilizado dendrograma para demonstração das diferenças hierárquicas quanto à ecologia, existente entre os diferentes ecossistemas avaliados. A porcentagem de dissimilaridade foi utilizada para sua plotagem, uma vez que esta proporciona peso semelhante para todas as espécies.

Realizou-se também análise multivariada dos dados por meio da análise de correspondência retificada DCA, do inglês *Detrended Correspondence Analysis* (DCA), para dados ordenados. Esta é uma técnica de estatística não paramétrica que produz um diagrama de ordenação no qual as parcelas se distribuem de acordo com a maior ou menor similaridade entre si. A DCA foi realizada com base na presença e ausência de espécies (variáveis qualitativas), e de preferência por iscas (variáveis categóricas), nos seis ecossistemas.

A determinação potenciais espécies indicadoras de qualidade ambiental para a região foi realizada a análise do Valor Indicador Individual (IndVal) por meio da relação da preferência alimentar das espécies e da relação das espécies de Scarabaeidae que melhor representam os ecossistemas das faixas em estudo. A análise do Valor Indicador Individual (IndVal) permite identificar as espécies que são indicadores significantes das diferentes áreas coletadas. Esta análise é uma combinação do grau de especificidade (padrões de abundância relativa) de uma determinada espécie por um determinado ambiente e sua fidelidade dentro do mesmo (padrões de incidência), usando randomização para testar a significância de cada espécie (DUFRÊNE & LEGENDRE, 1997). A significância da diferença de um valor gerado pelo acaso é determinada pelo teste de permutação de Monte Carlo. Com isso, uma espécie só é considerada indicadora de um habitat quando apresenta o maior ValInd para o mesmo e o resultado do teste de Monte Carlo é significativo ($P < 0,05$). Os valores de indicação (IV) encontrados pela Análise de Espécies Indicadoras são baseados na frequência com que a espécie ocorre dentro do grupo e entre os grupos. Desta forma, espécies que ocorreram em poucos fragmentos dentro do grupo, ou em mais de um grupo, são classificadas com um baixo valor de indicação. Por outro lado, caso a espécie tenha ocorrido somente e em todos os fragmentos do grupo, esta, recebe um alto IV (MACHADO & ALMEIDA, 2007).

Para as análises de Hill, da DCA e espécies indicadoras foi utilizado o programa PC-ORD *for Windows* versão 6.0 (McCUNE & MEFFORD, 2006).

A classificação dada aos habitats deste estudo seria de um aumento no gradiente de heterogeneidade do Plantio comercial para o Cerrado, ou seja, a sequência de heterogeneidade adotada seria PC, RISE, RICE, RASE, RACE, e Cerrado. Em suma o Plantio seria o habitat menos heterogêneo e o Cerrado seria o habitat mais heterogêneo. A hipótese aqui defendida é a de que, ambientes nos quais, a estrutura vegetacional (vertical e horizontal), seja mais complexa, apresentariam maior riqueza e diversidade de espécies.

Cabe resaltar que o presente estudo faz parte de um estudo maior, envolvendo outros indicadores ambientais, como por exemplo, aspectos da morfologia, física e química, microbiologia e bioquímica dos solos sob as faixas ecológicas e também aspectos relacionados a vegetação. Entretanto, o presente trabalho tratará apenas do estudo de escarabeídeos como bioindicadores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 4.845 indivíduos distribuídos em 21 gêneros e 57 espécies. Entre os gêneros coletados, *Canthon* (13 espécies), *Dichotomius* (oito espécies) e *Canthidium* (seis espécies) se apresentaram com maior número de espécies. Outros dois gêneros se destacaram quanto ao número de indivíduos coletados: *Oxysternon* (1.460), sendo representado apenas pela espécie *Oxysternon palemo*; e o gênero *Phanaeus* (1.132 indivíduos) representado por duas espécies: *Phanaeus palaeno* com 1.119 indivíduos e *Phanaeus kirbyi* com, apenas, 13 indivíduos (Tabela 1).

O Cerrado (C) apresentou 34 espécies e 824 indivíduos. Plantio comercial (PC) apresentou 35 espécies e 541 indivíduos. A recomposição inicial de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp. (RICE) apresentou 37 espécies e 436 indivíduos. A recomposição inicial de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp. (RISE) apresentou 36 espécies e 510 indivíduos. A recomposição avançada com remanescentes de *Eucalyptus* spp. (RACE) apresentou 42 espécies e 1.158 indivíduos. A recomposição avançada de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp. (RASE) apresentou 29 espécies e 1.376 indivíduos. Na RASE, as espécies *Oxysternon palemo* e *Phanaeus palaeno* apresentaram os maiores números de indivíduos, 644 e 455, respectivamente, contabilizando mais da metade do número de indivíduos coletados. A RACE apresentou o maior número de espécies (42) e a RASE o maior número de indivíduos (1.376). As espécies que participaram com o maior número de indivíduos foram *Oxysternon palemo* e *Phanaeus palaeno* em todos os ecossistemas.

As curvas de acúmulo de espécies e de rarefação para os seis ecossistemas amostrados são representadas na figura 5. O número de espécies aumentou com o aumento do esforço amostral, apesar de nenhuma área amostrada apresentar a formação nítida de assíntota. Em todo caso, a estabilização da curva é bastante difícil, pois muitas espécies raras costumam ser adicionadas após muitas amostragens, sobretudo em regiões tropicais. As barras na figura representam os desvios padrão das médias computadas com 100 replicações aleatórias. Os gráficos demonstram que a RACE apresentou maior diversidade que as demais vegetações, seguida pelo Cerrado, Plantio Comercial, pelas vegetações em recomposição inicial e pela RASE. A RASE foi o ecossistema menos diverso em ambos os gráficos.

É importante salientar que as vegetações em recomposição e o plantio comercial

Tabela 1 - Espécies de Coleoptera, Scarabaeidae coletados em armadilhas *pitfall* iscadas com fezes humanas, fezes bovinas, carcaça e banana apodrecida, incluindo o total de espécies e de indivíduos por localidade e a estratégia de alocação de recurso. P = paracoprídeo, T = telecoprídeo, E = endocoprídeo e SI =sem informação

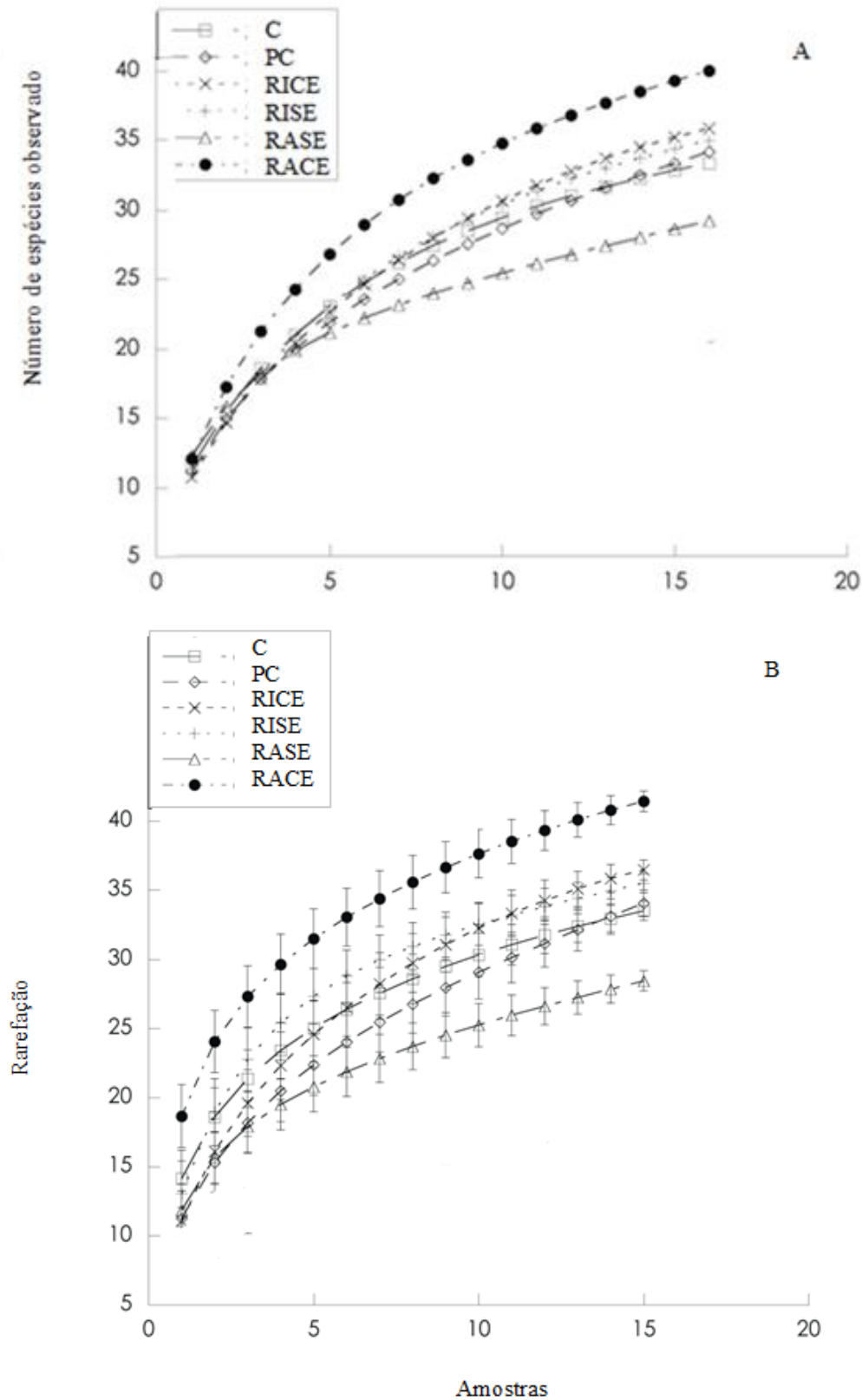
Taxa	Ecossistemas						Guilda trófica	Isclas				Total
	C	PC	RICE	RISE	RACE	RASE		Humana	Bovina	Carcaça	Banana	
<i>Agamopus convexus</i> Balthasar, 1965	-	-	-	-	10	-	SI	10	-	-	-	10
<i>Ateuchus carbonarius</i> (Harold, 1868)	2	4	1	1	25	-	P	5	22	6	-	33
<i>Ateuchus robustus</i> (Harold, 1868)	-	-	2	-	4	-	P	-	6	-	-	6
<i>Ateuchus puncticollis</i> (Harold, 1868)	-	1	1	5	-	-	P	-	7	-	-	7
<i>Ateuchus striatulus</i> (Borre, 1886)	2	5	3	1	1	2	P	5	9	-	-	14
<i>Ateuchus vividus</i> Germar, 1824	3	6	21	31	19	16	P	11	74	7	4	96
<i>Bothynus medon</i> Germar, 1824	-	-	-	1	-	-	SI	-	1	-	-	1
<i>Canthidium lucidum</i> Harold, 1867	3	-	2	1	1	-	P	2	-	4	1	7
<i>Canthidium marseuili</i>	-	4	13	7	2	2	P	4	2	6	16	28
<i>Canthidium megathopoides</i> Boucomont, 1928	-	1	2	7	2	6	P	2	1	7	8	18
<i>Canthidium pinotoides</i>	-	-	-	-	1	-	P	-	-	-	1	1
<i>Canthidium</i> sp.1	1	1	9	2	3	1	P	6	10	1	-	17
<i>Canthidium</i> sp.3	-	-	-	-	2	-	P	1	-	1	-	2
<i>Canthon</i> (<i>Glaphyrocannon</i>) sp.1	-	-	-	-	1	-	T	1	-	-	-	1
<i>Canthon</i> (<i>Pseudepilissus</i>) sp.1	-	-	-	2	36	-	T	32	5	1	-	38
<i>Canthon janthinus</i> Germar.	-	-	1	3	-	-	T	4	-	-	-	4
<i>Canthon rutilans</i> Laporte, 1840	-	-	1	-	-	-	T	1	-	-	-	1
<i>Canthon chalybaeus</i> Blanchard, 1843	11	6	8	13	1	1	T	-	-	31	9	40
<i>Canthon lamproderes</i> Redtenbacher, 1867	8	-	-	-	-	-	T	3	-	5	-	8
<i>Canthon lituratus</i> Germar, 1913	3	1	4	8	-	3	T	16	2	1	-	19
<i>Canthon melancholicus</i>	2	3	4	6	48	4	T	52	9	3	3	67
<i>Canthon mutabilis</i> (Harold, 1867)	-	-	-	-	-	1	T	1	-	-	-	1
<i>Canthon septemmaculatus histrio</i> Serville,1828	59	-	-	-	-	-	T	35	7	17	-	59
<i>Canthon</i> sp.1	-	1	-	-	-	-	T	-	-	1	-	1
<i>Canthon unicolor</i> Blanchard, 1845	29	1	-	1	6	1	T	19	14	4	1	38
<i>Canthon virens</i> Mannerheim	1	8	3	10	20	20	T	6	3	40	13	62
<i>Chalcocopris hespera</i>	-	-	1	-	-	-	P	1	-	-	-	1
<i>Coprophanaeus ensifer</i> (Germar)	31	8	15	17	24	38	P	21	3	109	-	133
<i>Coprophanaeus milon magnoi</i> Arnaud	28	34	17	8	16	31	P	6	1	124	3	134

Continua...

Continuação tabela 1

Taxa	Ecossistemas						Guilda trófica	Isclas				Total
	C	PC	RICE	RISE	RACE	RASE		Humana	Bovina	Carpaça	Banana	
<i>Coprophanaeus sptizi</i>	22	27	6	8	13	19	P	2	-	89	4	95
<i>Deltochilum</i> sp.1	60	108	51	54	35	19	T	39	1	284	3	327
<i>Deltochilum pseudoicarus</i> Balthasar	5	1	2	7	4	-	T	2	1	16	-	19
<i>Diabroctis mimas</i> Linnaeus	-	-	-	-	1	-	SI	1	-	-	-	1
<i>Diabroctis mirabilis</i> Harold	16	3	-	3	9	13	SI	14	8	20	2	44
<i>Dichotomius ascanius</i> (Harold, 1869)	7	1	2	1	1	-	P	3	1	7	1	12
<i>Dichotomius bicuspsis</i> (Germar 1824)	1	1	-	-	-	-	P	-	-	2	-	2
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1843)	-	1	-	-	-	1	P	-	2	-	-	2
<i>Dichotomius depressicollis</i> (Harold, 1867)	4	8	1	-	10	1	P	10	7	6	1	24
<i>Dichotomius glaucus</i> (Harold, 1869)	12	26	3	7	112	25	P	102	45	27	11	185
<i>Dichotomius luctuosus</i>	-	-	-	1	1	-	P	1	-	1	-	2
<i>Dichotomius nissus</i> (Olivier, 1789)	-	-	-	-	2	-	P	2	-	-	-	2
<i>Dichotomius semiaeneus</i> (Germar)	1	-	1	1	2	1	P	1	2	3	-	6
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	-	4	-	-	1	-	E	3	1	1	-	5
<i>Eurysternus hirtellus</i> Dalman, 1824	-	1	-	-	-	1	E	1	1	-	-	2
<i>Isocopris inhiata</i> (Germar)	1	1	2	5	5	-	SI	2	11	1	-	14
<i>Malagioniella puncticollis aeneicollis</i> (Waterhouse)	1	1	2	4	3	-	SI	7	1	2	1	11
<i>Ontherus appendiculatus</i> (Mannerheim)	1	63	14	17	120	4	P	107	85	16	11	219
<i>Onthophagus hirculus</i> (Mannerheim)	3	1	2	7	80	8	P	62	24	7	8	101
<i>Onthophagus ranunculus</i> Arrow, 1913	4	2	6	12	96	12	P	99	21	8	4	132
<i>Oxysternon palemo</i> (Laporte)	213	123	120	137	223	644	SI	895	222	124	219	1460
<i>Pedaridium bidens</i>	12	12	15	9	16	41	SI	55	3	30	17	105
<i>Phanaeus kirbyi</i> Vigors	-	-	2	9	2	-	P	12	-	1	-	13
<i>Phanaeus palaeno</i> Blanchard	217	72	94	101	180	455	P	782	121	73	143	1119
<i>Sylvicanthon foveiventris</i> (Schmidt, 1920)	-	1	2	-	-	-	T	3	-	-	-	3
<i>Trichillum adjunctum</i> (Harold)	15	-	-	-	-	-	E	-	-	15	-	15
<i>Trichillum heydeni</i> (Harold)	1	-	1	3	1-	1	E	2	9	5	-	16
<i>Uroxys corporaali</i> Balthasar, 1940	45	-	2	-	10	5	SI	16	2	43	1	62
Total de indivíduos	824	541	436	510	1158	1376	-	2467	744	1149	485	4845
Total de espécies	34	35	37	36	42	29	-	48	37	41	24	57

Figura 5 -Curvas de acúmulo de espécies (A) e de rarefação (B) de escarabeídeos para os ecossistemas das faixas de vegetação amostradas



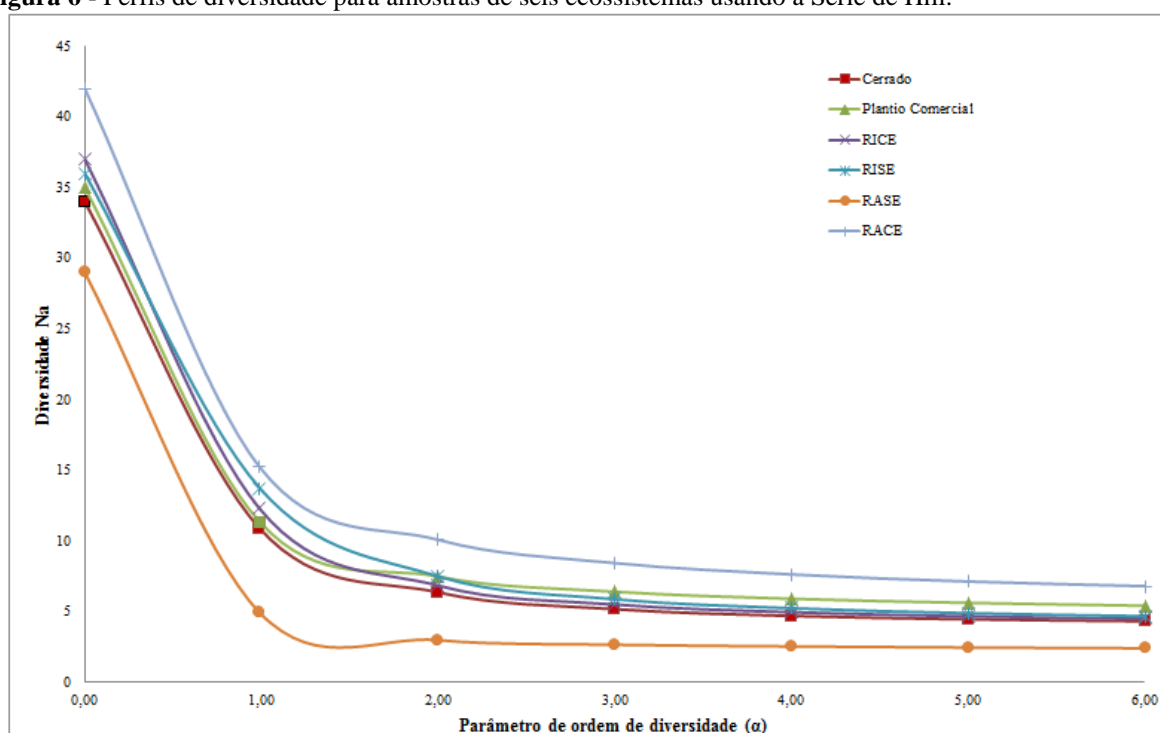
C) Cerrado, PC) Plantio comercial de *Eucalyptus* spp., RICE) Recomposição inicial de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp.; RISE) Recomposição inicial de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp.; RACE) Recomposição avançada de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp.; RASE) Recomposição avançada de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp.

apresentam diversidades superiores ao Cerrado. As áreas de Regeneração inicial com ou sem remanescentes de eucalipto apresentaram valores semelhantes quanto à riqueza de espécies. Sendo esta variável fundamental na verificação da diversidade e dinâmica ecossistêmica, é possível inferir que a presença ou ausência de remanescentes *Eucalyptus* spp. parece não interferir nos resultados de diversidade local, para as recomposições iniciais. Entretanto o ecossistema apresentou diversidade superior ao da recomposição sem a presença de eucalipto. Isso que indica a presença ou ausência do *Eucalyptus* spp. interferiu nos resultados de diversidade local de escarabeídeos para as recomposições em estágio avançado.

A análise de regressão simples para aferir a relação entre o número de indivíduos e de espécies foi significativa e indica que o número de espécies tende a crescer com o aumento do número de indivíduos coletados.

Analizando o gráfico dos perfis de diversidade para as amostras dos seis ecossistemas usando a Série de Hill (figura 6), percebe-se que a diversidade analisada por meio dos índices seguiu o mesmo padrão observado para a riqueza por meio da curva de rarefação. A RACE apresentou a maior e a RASE menor diversidade. O Cerrado, o plantio comercial e as recomposições iniciais apresentaram diversidades intermediárias, sendo que entre elas foi o cerrado de menor diversidade.

Figura 6 - Perfis de diversidade para amostras de seis ecossistemas usando a Série de Hill.



Para o parâmetro $a = 0$, o valor de diversidade é igual ao número de espécies na amostra. Para a tendendo a 1, o valor de diversidade é equivalente ao Índice de Shannon (base neperiana) e pode ser obtido por $e^{(N1)}$, onde $e = 2,718282$. Para $a = 2$, o valor é igual ao obtido com o inverso do Índice de Simpson ($1/D$).

Nota-se que conforme se aumenta o parâmetro a da Série de Hill, maior ênfase é dada

às espécies dominantes. Com $a = 0$, espécies com 1 indivíduo ou com 100 indivíduos possuem o mesmo peso. Ou seja, excluindo-se qualquer uma das espécies acarreta no decréscimo de 1 unidade no valor do índice. como o valor mínimo de a (ou seja, igual a 0) resulta num índice que é igual a riqueza espécies (equabilidade não é levada em consideração), valores muito altos de a (ou seja, tendendo a infinito positivo) avaliam apenas equabilidade e desprezam riqueza de espécies.

A análise de similaridade de espécies foi realizada para as seis áreas em estudo entre elas duas a duas. Para isso foram utilizados os índices de similaridade de Jaccard e Sørensen que levam em conta a relação existente entre o número de espécies comuns e de número total de espécies encontradas, quando se comparam duas amostras (MUELLER-DUMBOIS & ELLENBERG, 1974). A análise de compartilhamento e similaridade de espécies foram efetuadas com 100 replicações aleatórias utilizando o programa EstimateS e versão 8.0 (COLWELL, 2006) (tabela 2).

Tabela 2 - Estimativas de compartilhamento de espécies e índices de similaridade (Jaccard e Sørensen) de besouros escarabeídeos entre as faixas ecológicas entremeadas a eucaliptocultura, no Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais.

1º Eco	2º Eco	Sobs 1º Eco	Sobs 2º Eco	Espécies compartilhadas	Jaccard	Sørensen
C	PC	34	35	27	0,64	0,78
C	RICE	34	37	28	0,65	0,79
C	RISE	34	36	28	0,67	0,80
C	RASE	34	29	24	0,62	0,76
C	RACE	34	42	29	0,62	0,76
PC	RICE	35	37	28	0,64	0,78
PC	RISE	35	36	28	0,65	0,79
PC	RACE	35	29	25	0,64	0,78
PC	RASE	35	42	28	0,57	0,73
RICE	RISE	37	36	31	0,74	0,85
RICE	RASE	37	29	24	0,57	0,73
RICE	RACE	37	42	31	0,65	0,79
RISE	RASE	36	29	24	0,59	0,74
RISE	RACE	36	42	32	0,70	0,82
RASE	RACE	29	42	25	0,54	0,70

Eco representa os ecossistemas. Sobs representa número de espécies observadas, C) Cerrado, PC) Plantio Comercial de *Eucalyptus* spp.; RICE) Recomposição inicial de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp.; RISE) Recomposição inicial de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp.; RACE) Recomposição avançada de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp. RASE) Recomposição avançada de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp.

Análises de regressão simples entre o número de espécies compartilhadas (variável independente) e os valores de similaridade - Jaccard e Sørensen (variáveis dependentes) indicaram que os índices apresentados são explicativos para avaliar a similaridade entre os ecossistemas estudados.

Pela análise do Índice de Jaccard as áreas que atingirem valores superiores a 25% ou 0,25, são consideradas similares (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974) e existe elevada similaridade entre as comunidades quando o valor do índice de Sørensen é superior a 0,5 ou 50% (FELFILI & VENTUROLI, 2000). Portanto houve similaridade entre todas os ecossistemas e esta similaridade foi elevada.

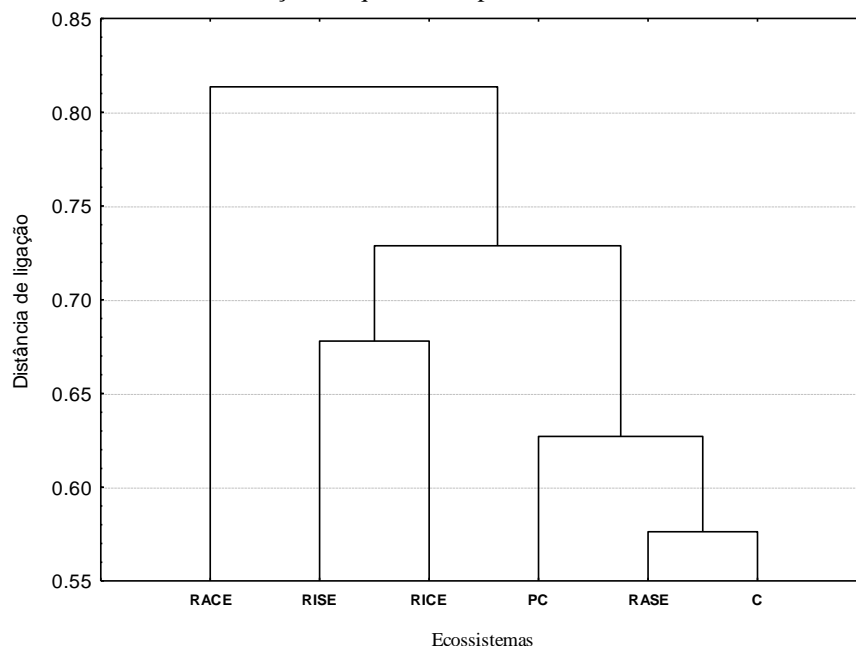
Ocorreu entre a RICE e a RISE, elevado número de espécies compartilhadas (31) e a maior similaridade (0,74 e 0,85 Jaccard e Sørensen, respectivamente). Os menores índices de similaridade observados ocorreram entre a RACE e a RASE (0,54 e 0,70, para Jaccard e Sørensen, respectivamente). Com estes resultados pode-se afirmar que a presença/ausência de remanescentes de *Eucalyptus* spp., parece não interferir na diversidade regional de escarabeídeos entre as recomposições em estágio inicial e que possivelmente causou interferência para as recomposições em estágio mais avançado.

A similaridade entre o Cerrado e entre o Plantio Comercial com os demais ecossistemas mostrou-se comparativamente, intermediária e próxima, variando entre 0,64 a 0,67 e entre 0,73 a 0,78 para o índice de Jaccard e Sørensen, respectivamente. Silva *et al*, (2008), realizaram coleta em mata nativa no município de Bagé, RS, capturando 12 espécies de besouros de Scarabaeinae, sendo estas também coletadas na área de eucalipto estudada, corroborando a ideia de compartilhamento de espécies em locais que apresentem estrutura de vegetação similares. O compartilhamento de espécies também foi intermediário (entre 25 e 29), exceto para o C e a RASE (24) que resultou no menor valor. A RISE e a RASE também compartilharam 24 espécies, O maior número de espécies compartilhadas ocorreu entre a RISE e a RACE.

Com a análise de agrupamento podemos inferir que houve visível diferenciação entre os ecossistemas mostrando as áreas de Regeneração de forma hierarquicamente superiores às áreas de Cerrado e Plantio Comercial (figura 7).

Nesta análise foram utilizados dados quantitativos, considerando a porcentagem de dissimilaridade em relação à riqueza de espécies de Coleoptera Scarabaeidae em cada ecossistema amostrado. Quanto maior a medida de dissimilaridade menor é a semelhança entre os indivíduos. Sendo assim, percebe-se que as áreas em recomposição inicial apresentam-se intermediárias entre a recomposição avançada com e sem remanescentes de *Eucalyptus* spp.. Nota-se uma diferença considerável entre as recomposições avançadas com e sem remanescentes de *Eucalyptus* spp., sendo que RACE é bastante superior. As faixas com maior heterogeneidade (RASE e C) apresentam-se mais semelhantes que os demais ecossistemas.

Figura 7 – Dendrograma resultante de uma classificação hierárquica, representativo de seis ecossistemas quanto à porcentagem de dissimilaridade em relação à riqueza de espécies de Scarabaeidae.



C) Cerrado, PC) Plantio comercial de *Eucalyptus* spp., RICE) Recuperação inicial de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp., RISE) recuperação inicial de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp., RACE) Recuperação avançada de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp., RASE) Recuperação avançada de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp..

Em estudo sobre a composição florística e parâmetros fitossociológicos realizado, por Araújo *et al.* (2014), no mesmo local do presente estudo, indicou a existência de famílias, gêneros e espécies de grande relevância na área que são típicos do bioma Cerrado. A remoção do *Eucalyptus* spp. na regeneração inicial não afetou a diversidade nesses ambientes. Estes mesmos autores indicaram que a remoção do eucalipto no estágio avançado promoveu redução da diversidade, permitindo a colonização pela espécie pioneira *Mimosa gemmulata* Barneby, popular angiquinho. Esta espécie possui dispersão autocórica e é considerada pioneira invasora, formando verdadeiros maciços monodominantes, quando em condições propícias a seu desenvolvimento. No entanto, a manutenção do eucalipto na recuperação avançada resultou em maiores valores de diversidade e demais atributos estruturais (ARAÚJO *et al.*, 2014), já que a presença do eucalipto causa o sombreamento, eliminando assim o angiquinho.

As modificações na estrutura vegetacional influenciam a composição faunística alterando a diversidade (DOUBE, 1983; OLIVEIRA, 2001), com consequente falta de representatividade de um determinado grupo de espécies (ZUIDEMA, 1996). Isso em função da alteração das características que dão suporte à nidificação, reprodução e forrageamento das mesmas (SCHIFLER, 2003). Sendo assim, o menor valor de riqueza de escarabeídeos observado no ambiente RASE possivelmente se deveu ao fato de *M. gemmulata* estar

afetando o estabelecimento de outras espécies vegetais (KUBOTA *et al.*, 2005). Inicialmente a composição do sub-bosque dos locais onde havia remanescentes de *Eucalyptus* spp, não foi considerada no estudo,entretanto a possibilidade de invasão biológica pelo angico, dá indícios de que a presença do eucalipto é benéfica para a sua não ocorrência.

A hipótese de que a heterogeneidade de habitat determine o aumento da diversidade, desenvolvida inicialmente por MacArthur & MacArthur (1961), considera que ambientes mais heterogêneos disponibilizariam mais recursos, o que acarretaria em maior número de nichos, suportando maior diversidade de espécies do que ambientes mais simples (SILVA, 2010). Essa relação positiva entre o aumento da heterogeneidade do habitat e o aumento da riqueza já foi registrada para várias espécies de animais, inclusive para artrópodes de serrapilheira em ambientes florestais (MAESTRI, *et al.* 2013). Porém, dependendo do grupo taxonômico e da escala espacial, a riqueza pode ter relação negativa com o aumento da heterogeneidade de habitat (TEWS *et al.* 2004, GONZÁLEZ-MEGIAS *et al.*, 2007, SILVA *et al.*, 2008). A mudança na heterogeneidade de habitat também influencia a composição das assembleias de espécies (LASSAU & HOCHULI 2004, DURÃES *et al.* 2005). Ambientes com níveis de heterogeneidade de habitat variáveis apresentam diferenças nos níveis de luminosidade, temperatura e umidade (ALMEIDA & LOUZADA, 2009; SILVA *et al.*, 2014). Essas características podem determinar a ocorrência ou não de espécies, dando suporte para a reprodução, nidificação, desenvolvimento e forrageamento das diferentes espécies de animais (FRANKLIN *et al.*, 2005, ALMEIDA & LOUZADA, 2009, SILVA *et al.*, 2014). Entende-se que as áreas de regeneração aqui estudadas, possivelmente, oferecem condições para ocorrência de vertebrados, aos quais os escarabeídeos se apresentam associados.

O padrão observado nas comunidades de besouros estudadas, com poucas espécies muito abundantes e muitas com um número reduzido de indivíduos, é comum em assembleias deste táxon (NICHOLS *et al.*, 2007; GARDNER *et al.*, 2008b). Porém, é conhecido que essas diferenças na abundância das espécies dominantes para as demais se elevam em áreas com maiores níveis de alteração (NICHOLS *et al.*, 2007).

Para os insetos, a capacidade de dispersão, as densidades de população e a abundância das espécies devem ser mais importantes do que as necessidades de espaço, visto que espécies que apresentam pequenas populações são altamente vulneráveis à estocasticidade ambiental e são propensas à extinção local (CAGNOLO *et al.*, 2009). Entretanto, estas respostas podem ocorrer de forma variada, onde certas espécies podem aumentar o número de indivíduos, enquanto outras apresentam diminuição da abundância

(ABILDSNES & TØMMERÅS, 2000; DIDHAM, 2001; BARBOSA & MARQUET, 2002; WINK *et al.*, 2005; BAKER *et al.*, 2007; SOBEK *et al.*, 2009).

A hipótese central deste trabalho foi a de que é possível, dentro de uma configuração adequada desses fatores, uma interação entre floresta plantada e áreas naturais adjacentes, que leve a um nível de riqueza, distribuição e abundância das populações de insetos, que proporcione uma comunidade de insetos capaz de absorver os distúrbios provenientes das atividades de manejo florestal, ou mesmo de condições naturais adversas como ocorre eventualmente com o clima. Esta hipótese foi idealizada, com base nas características da área de estudo, que compreende uma microbacia, com aproximadamente 32% de áreas de reserva natural, bem distribuídas junto aos plantios de *Eucalyptus* spp. e diversidade vegetal elevadíssima.

Testar esta hipótese foi conhecer o efeito, sobre a entomofauna, da interação entre eucalipto, seu sub-bosque e as reservas naturais, da reforma da plantação e da eliminação do sub-bosque, indicando padrões para monitoramento e práticas de manejo, que elevem a estabilidade ambiental.

Da análise de correspondência retifica (DCA) foi retirado para análise apenas o primeiro eixo porque o autovalor foi maior que 0,20. O primeiro eixo DCA apresentou autovalor igual a 0,524; o segundo 0,163 e o terceiro 0,079 (tabela 3). O eixo 1 da ordenação apresentou gradiente longo, enquanto o segundo e terceiro eixos apresentaram gradiente curto.

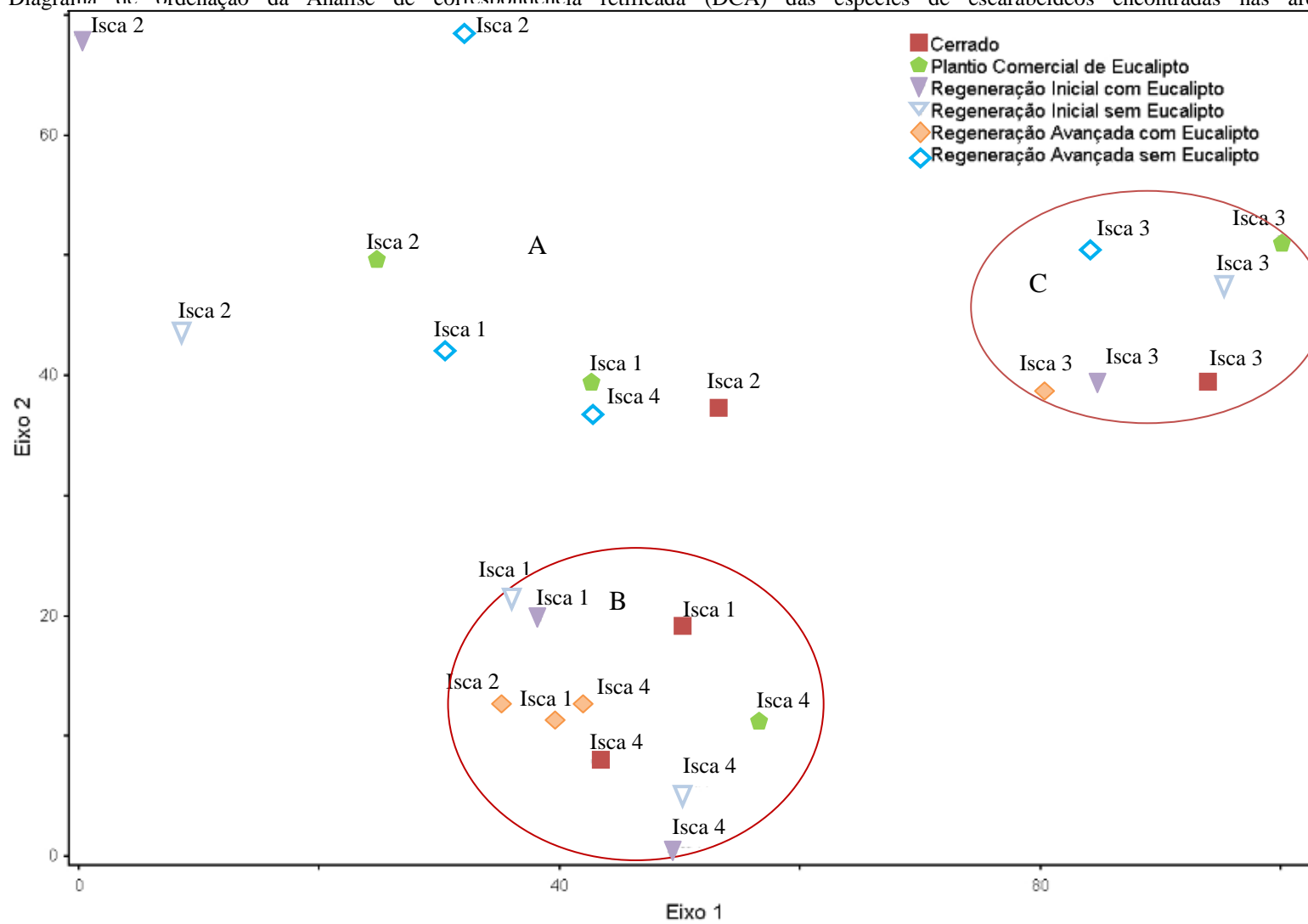
Tabela 3 - Resultados da randomização das espécies de escarabeídeos encontradas nas seis áreas do no Alto Vale do Jequitinhonha, MG

Eixos	Autovalores	Mínimo	Média	Máximo	n	p *
1	0.52409	0.26873	0.38280	0.48920	0	0.001000
2	0.16312	0.16689	0.25114	0.35575	999	1.000000
3	0.79915E001	0.95032E001	0.15370	0.23773	999	1.000000

* = $P(n + 1) / (N + 1)$, onde n é o número de aleatorizações com um valor próprio para esse eixo. N = número total de aleatorizações.

Observando-se o Diagrama de ordenação da Análise de correspondência retificada foi possível observar a separação dos dados em três grupos distintos (A, B, e C). É possível visualizar a formação de dois agrupamentos de forma bem nítida: A e C e o outro de maneira mais difusa no diagrama que podem ser biologicamente explicados (figura 8). A segregação se dá devido às diferenças de preferência alimentar das espécies de escarabeídeos. O primeiro (A) mostra que as espécies de besouros escarabeídeos que demonstraram preferência pela Isca 2 (fezes bovinas) separa-se bem das demais exceto em regeneração avançada com remanescentes de eucalipto (RACE). O segundo grupo (B) engloba espécies que preferiram as iscas 1 e 4 (fezes humanas e banana apodrecida). O terceiro (C), por sua vez, foi formado

Figura 8 - Diagrama de ordenação da Análise de correspondência retificada (DCA) das espécies de escarabeídeos encontradas nas áreas do estudo



exclusivamente pela Isca 3, indicando fauna diferenciada para esse tipo de isca. Ou seja, nos seis sítios estudados há uma forte correspondência entre a diversidade de espécies necrófagas nas áreas em estudo.

Do total de espécies amostradas no levantamento e analisadas como espécies indicadoras 14 (24,56% da amostragem total) apresentaram preferência significativa por uma das quatro iscas ofertadas. Destas, seis (10,53%) apresentaram preferência pela isca 1, fezes humanas (*Canthon lituratus*, *Onthophagus aff hirculus*, *Dichotomius glaucus*, *Pedaridium bidens*, *Onthophagus aff ranunculus* e *Canthon melancholicus*); quatro (7,02%) pela isca 2, fezes bovinas (*Ateuchus vividus*, *Ateuchus striatulus*, *Isocoprins inhiata* e *Ateuchus puncticollis*); e quatro (7,02%) pela isca 3, baço bovino apodrecido (*Coprophanaeus sptizi*, *Canthon chalybaeus*, *Deltochilum (Hybomidium) pseudoicarus* e *Canthon virens*). Nenhuma espécie apresentou preferência pela isca 4, banana apodrecida (Tabela 4).

Tabela4 - Espécies com resultados significativos na análise de espécies indicadoras (ISA) realizada com base na preferência alimentar.

VIO = valor indicador observado, VIE = valor indicador esperado (média, desvio padrão e significância) e abundância relativa de indivíduos em cada tipo de isca: (Isca 1) fezes humanas, (Isca 2) fezes bovinas, (Isca 3)

Espécies/isca	VIO	VIE			Abundância (%)			
		Média	SD	P	Isca 1	Isca 2	Isca 3	Isca 4
Isca 1								
<i>Canthon lituratus</i>	31,6	8,4	3,35	0,0004	84	11	5	-
<i>Onthophagus aff hirculus</i>	26,8	9,1	3,40	0,0014	71	10	14	5
<i>Dichotomius glaucus</i>	29,5	13,5	4,17	0,0036	64	7	27	1
<i>Pedaridium bidens</i>	29,8	14,2	4,01	0,0040	60	-	34	7
<i>Onthophagus aff ranunculus</i>	23,1	10,5	3,88	0,0104	69	8	17	6
<i>Canthon melancholicus</i>	17,1	8,0	3,29	0,0238	68	16	16	-
Isca 2								
<i>Ateuchus vividus</i>	32,1	12,6	4,44	0,0016	13	77	5	5
<i>Ateuchus striatulus</i>	22,2	8,2	3,24	0,0046	27	67	7	-
<i>Isocoprins inhiata</i>	18,5	6,2	3,16	0,0122	-	89	11	-
<i>Ateuchus puncticollis</i>	16,7	5,2	2,76	0,0124	-	100	-	-
Isca 3								
<i>Coprophanaeus sptizi</i>	61,8	11,8	3,76	0,0002	2	-	93	5
<i>Canthon chalybaeus</i>	35,3	10,6	3,60	0,0002	-	-	77	23
<i>Deltochilum (Hybomidium) pseudoicarus</i>	29,2	6,5	3,11	0,0002	-	-	100	-
<i>Canthon virens</i>	22,3	10,6	3,66	0,0112	7	7	60	26

baço bovino apodrecido e (Isca 4) banana apodrecida.

Almeida & Louzada (2009), em estudos sobre a Estrutura da Comunidade de Scarabaeinae em fitofisionomias do Cerrado indicaram como generalista a espécie *Canthon aff. virens* e como coprófagas as espécies *Canthon septemmaculatus histrio*, *Canthon aff. Unicolor*, *Chalcocoprins hespera*, *Onthophagus hirculus*, *Phanaeus palaeno*, *Sylvicanthon*

foveiventris. Espécies do gênero *Ateuchus* mostraram preferência pelo atrativo composto por fezes bovinas, principalmente nas áreas de regeneração, correspondendo a 85% dos indivíduos coletados neste gênero. A espécie *Ateuchus puncticollis* apresentou abundância de 100% na preferência pelas fezes bovinas. Em suas pesquisas, sobre os efeitos da substituição da floresta nativa por pastagens, Silva *et al.* (2014) encontraram o gênero *Ateuchus* associado a áreas de mata. SCHIFLER (2003) encontrou o mesmo resultado e indicou que a mata serviria de habitat para as espécies animais (provavelmente herbívoros) que apresentam uma relação estreita com o grupo indicador em estudo.

Nas armadilhas iscadas com fezes humanas, carcaça, fezes bovinas e banana apodrecida foram coletadas respectivamente 48, 41, 37 e 24 espécies, correspondendo respectivamente a 2.467, 1.149, 744 e 485 indivíduos. Percebeu-se que 77% das espécies atraídas por fezes humanas também foram atraídas para as armadilhas contendo carcaça, e 65% foram atraídas, além das duas últimas iscas, também pelas fezes bovinas. Esta observação indica que as espécies consideradas generalistas podem ser coletadas satisfatoriamente com a utilização do atrativo composto por fezes humanas.

Na análise de espécie indicadora (ISA) realizada com base nos seis ecossistemas, (tabela 5) apenas 15 (26,32%) apresentaram preferência significativa por um dos ecossistemas, sendo: sete (12,28%) pelo PC; três (5,26%) pelo RICE; uma (1,75%) pela RACE e quatro espécies (7,02%) pelo Cerrado. Os resultados não demonstraram preferência significativa das espécies para as recomposições iniciais e avançadas sem *Eucalyptus* spp.. As espécies *Dichotomius depressicollis*, *Dichotomius affinis*, *Chalcocopris hespera*, *Dichotomius nisus*, *Dichotomius aff ascanius*, *Canthidium* sp,4, *Eurysternus aff caribaeus*, foram as espécies indicadoras do Plantio Comercial de *Eucalyptus* sp.. Dentre elas, três apresentaram exclusividade nesta vegetação, ou seja, 100% de abundância.

Como espécies indicadoras com preferência significativa da RICE apareceram *Canthon unicolor*, *Canthon septemmaculatus histrio* e *Uroxys aff corporaali*. Apenas a espécie *Canthidium aff marseuili* demonstrou preferência significativa pela RACE. Já para o Cerrado foram as espécies *Pedaridium bidens*, *Canthon virens*, *Dichotomius glaucus*, *Diabroctis mirabilis* que se mostraram possíveis indicadoras.

Em trabalho realizado sobre os efeitos da substituição da floresta nativa por pastagem introduzida na riqueza, abundância, composição de espécies e estrutura das guildas alimentares dos besouros rola-bostas no sudoeste da Amazônia brasileira, Silva *et al.*, (2014) encontraram, maior abundância de generalistas (florestas 71%; pastagens 66%), seguida de coprófagos (florestas 16%; pastagens 26%) e necrófagos (florestas 11%; pastagens

Tabela 5 - Espécies com resultados significativos na análise de espécie indicadoras (ISA) realizada com base nos seis ecossistemas.

Espécie/ecossistema	VIO	VIE			Abundância (%)					
		Média	SD	P	PC	RICE	RISE	RACE	RASE	C
PC										
<i>Dichotomius depressicollis</i>	47,6	10,9	4,91	0,0002	85	4	9	1	-	1
<i>Dichotomius affinis</i>	43,8	7,0	3,67	0,0002	100	-	-	-	-	-
<i>Chalcocopris hespera</i>	30,7	7,2	3,94	0,0008	98	-	-	2	-	-
<i>Dichotomius nisus</i>	31,2	6,4	3,49	0,0008	100	-	-	-	-	-
<i>Dichotomius aff ascanius</i>	22,7	10,0	4,63	0,0204	73	18	3	5	3	-
<i>Canthidium sp,4</i>	18,8	4,9	3,69	0,0228	100	-	-	-	-	-
<i>Eurysternus aff caribaeus</i>	17,9	7,1	3,58	0,0254	71	-	29	-	-	-
RICE										
<i>Canthon unicolor</i>	45,3	8,5	3,89	0,0002	-	91	3	-	3	3
<i>Canthon septemmaculatus histrio</i>	31,2	6,9	4,03	0,0010	-	100	-	-	-	-
<i>Uroxys aff corporaali</i>	21,2	8,9	4,72	0,0320	2	85	-	4	-	9
RACE										
<i>Canthidium aff marseuili</i>	18,8	9,6	4,18	0,0466	-	-	15	50	27	8
C										
<i>Pedaridium bidens</i>	28,8	12,7	4,15	0,0046	-	13	13	17	10	46
<i>Canthon virens</i>	20,8	9,8	3,65	0,0150	-	2	19	7	24	48
<i>Dichotomius glaucus</i>	23,5	12,1	4,22	0,0178	-	16	36	4	10	34
<i>Diabroctis mirabilis</i>	20,9	10,0	3,77	0,0190	-	46	9	-	9	37

(C) Cerrado; Plantio comercial de eucalipto (PC); recomposição inicial de vegetação com remanescentes de *Eucalyptus* spp. (RICE); recomposição inicial de vegetação sem remanescentes de *Eucalyptus* spp (RACE) VIO = valor indicador observado, VIE = valor indicador esperado (média, desvio padrão e significância) e abundância relativa de indivíduos em cada ecossistema.

7%). Nas florestas a maioria das espécies foi considerada generalista, enquanto as pastagens apresentaram maior abundância de espécies coprófagas o que demonstra uma modificação na guilda alimentar causado pela substituição da floresta por pastagem. Em estudo sobre técnicas de coleta de besouros copronecrófagos no Cerrado, Milhomen *et al.* (2003) constatou que a armadilha de queda com isca de fezes humanas é a mais eficiente para coletar as principais espécies de besouros coprófagos da família Scarabaeidae *s. str.*. No presente estudo este atrativo também se mostrou o de maior eficiência: Atraiu maior quantidade de indivíduos; e apresentou maior riqueza de espécies na maioria dos ecossistemas em estudo. A carcaça também se mostrou eficaz, contribuindo com aproximadamente 23 % dos indivíduos coletados, seguida pela isca de fezes bovinas cuja atração foi de 15% dos indivíduos.

A preferência alimentar das espécies coletadas seguiu os resultados apresentados em diversos estudos com escarabeíneos neotropicais, onde a maioria das espécies é generalista e algumas poucas especialistas (HALFFTER *et al.*, 1992; HERNÁNDEZ, 2007; SILVA *et al.*, 2007). Em outros estudos, como de Andresen (2008), as espécies coprófagas representaram mais do que o dobro das generalistas, e no de Almeida & Louzada (2009) o

número de espécies coprófagas superou o de espécies generalistas. Estudos de Hutcheson (1990) e Marinoni & Dutra (1997) demonstraram que coleópteros herbívoros predominam em áreas degradadas em início de regeneração, enquanto os grupos de detritívoros e fungívoros apresentaram maior ocorrência em áreas conservadas.

Otavo *et al.* (2013) avaliaram o efeito do gradiente de perturbação antrópica, na Amazônia, sobre a superfamília Scarabaeoidea, e concluíram que esses besouros não podem ser utilizados como único elemento bioindicador de impacto, por causa das grandes diferenças que existem em seus componentes (famílias, subfamílias, gêneros e espécies) e das diferentes respostas que apresentam em áreas impactadas. Esses mesmos autores observaram, ainda, que a riqueza e abundância das famílias Dynastidae e Scarabaeidae aumentaram com a intensidade dos impactos sofridos pelo ambiente. Nesse mesmo estudo, foi observado, também, que besouros das famílias Hybosoridae e Melolonthidae reduzem a sua ocorrência à medida que os impactos aumentam. Isso demonstra a complexidade para afirmar se o uso de um inseto ou grupo como bom bioindicador, pois, as relações do inseto com o ambiente podem sofrer alterações e respostas diferenciadas, dificultando uma padronização das afirmativas obtidas nos diferentes trabalhos. *Deltochilum (Hybomidium) pseudoicarum* foi outra espécie que apresentou 100% de preferência por um tipo de isca, neste caso, baço bovino apodrecido. Em um trabalho de revisão do gênero *Deltochilum* Silva (2012), comentou que a maioria destas espécies são detritívoras e necrófagas, embora outros tipos de recurso alimentar possam ser utilizados, tais como: esterco de grandes herbívoros e frutas em decomposição (SILVA, 2012).

As espécies coletadas foram classificadas quanto à forma de utilização dos recursos, as chamadas guildas ou grupos funcionais. A maioria das espécies amostradas neste estudo foi de Scarabaeidae paracoprídeos (que enterram fezes no solo) (28 espécies compreendendo 49,12-58,33% das espécies coletadas entre as seis áreas estudadas), seguido pelos que rolam fezes (16 espécies compreendendo 28,07-33,33% das espécies coletadas) e por espécies que vivem em loco nas fezes (quatro espécies constituindo 7,01-8,33% das espécies). Apenas nove espécies não tiveram a estratégia de alocação de recurso definida (15,78% das espécies coletadas) (tabela 1). O grupo dos paracoprídeos é responsável por maior ciclagem de nutrientes e melhoria das características físicas do solo. (KLEIN, 1989; WINK, 2005).

Estudando a regeneração de sub-bosques em plantios de *Eucalyptus*, Neri *et al.*, 2005 verificaram que 53% das espécies amostradas possuem dispersão zoocórica e 43% anemocórica. Verificou-se também a diminuição da riqueza, da densidade e da percentagem de indivíduos anemocóricos da borda para interior. Porém a percentagem de indivíduos

zoocóricos aumentou no interior do talhão. Estes resultados indicam a participação fundamental que a maioria das espécies de Scarabaeidae amostradas neste estudo apresenta nos procedimentos de dispersão secundária de sementes e, conseqüentemente, na recomposição da cobertura vegetal. A composição de espécies de Scarabaeidae modificou com os estágios de recomposição da vegetação.

Das 57 espécies coletadas, 16 corresponderam a 89,9 % do total de indivíduos coletados, sendo que duas destas, *Phanaeus palaeno* (figura 9) e *Oxysternon palemo* (figura 10), representam mais da metade do total (53,02%)

Figura 9: Fêmea e macho de *Phanaeus palaeno*.



A) Fêmea, B) Macho.

A espécie *O. palemo* apresenta trimorfismo sexual (Nunes *et al.*, 2008) o que, de certa forma, pode permitir vantagem reprodutiva. Assim, esta é uma possível explicação para a ocorrência de um número tão elevado de indivíduos. De acordo com Nunes *et al.* (2008), o trimorfismo sexual de *O. palemo*, pode estar relacionado à adoção de diferentes estratégias reprodutivas dos machos. Machos grandes vencem disputas sexuais diretas pela fêmea, ajudando-a a guardar os túneis onde estão contidos os ovos fecundados. Machos pequenos podem obter vantagem ao cavarem túneis paralelos e realizarem cópula extra-par com a fêmea não necessitando do uso das estruturas para disputas sexuais. Outra hipótese é a de que machos pequenos mimetizam fêmeas e evitam disputa com machos grandes, facilitando seu acesso às fêmeas (NUNES *et al.*, 2008).

Klein (1989) demonstrou a ocorrência de decréscimos na densidade de Scarabaeidae em pequenos fragmentos florestais e correlacionou a redução na abundância com as taxas de decomposição de fezes. Andresen (2003) também observou que a redução na diversidade de Scarabaeidae em pequenos fragmentos florestais estaria relacionada com a redução na disponibilidade de fezes, havendo uma correlação entre a composição e estrutura de comunidades de Scarabaeidae com a disponibilidade de fezes frescas. Este autor

Figura 10- Fêmea e machos de *Oxysternon palem*



A) Fêmea, B e C) Machos.

correlacionou a disponibilidade de fezes frescas com a área de vida (*home range*) das espécies de mamíferos residentes nos fragmentos florestais. Foi observado que muitas espécies estariam reduzidas em determinados fragmentos florestais. As áreas de recomposição de vegetação amostradas no presente estudo não diferiram quanto ao tamanho, compreendendo faixas de 200 metros intercaladas a cada 2.000 metros de plantios de *Eucalyptus*. spp. Assim, as diferenças encontradas no número de indivíduos e de espécies nestas áreas não devem estar

correlacionadas com o tamanho destas áreas. Apesar das espécies de insetos necessitarem de áreas muito menores como habitat que espécies maiores e com maior mobilidade, tais como aves e mamíferos, o efeito do isolamento do habitat pode ser mais dramático para os insetos (SAMWAYS, 2007).

A fragmentação de habitats é considerada como uma das maiores ameaças a conservação da biodiversidade ainda existente (CROOKS & SANJAYAN, 2006). A maioria das causas de fragmentação está associada à expansão de fronteiras cultiváveis (SCHEFFLER, 2003). A perda de habitats naturais tem severas consequências sobre a biodiversidade, pois afeta a taxa de crescimento populacional e diminui o comprimento e a diversidade da cadeia trófica alterando as interações entre as espécies (FORERO MEDINA & VIEIRA, 2007). A conectividade é fundamental para se assegurar o mínimo de perdas de espécies, a manutenção dos processos ecológicos e evolutivos.

A implantação de corredores para favorecer o fluxo genético apresenta controvérsias entre autores, porém, a maioria relata como válida e eficiente a sua instalação, desde que adequada a cada espécie alvo. É possível afirmar que as faixas ecológicas entremeadas a eucaliptocultura no Alto Vale do Jequitinhonha estão exercendo o papel de conectividade, para os besouros escarabeídeos, entre as áreas de reserva legal e preservação permanente.

6 CONCLUSÕES

A área em recomposição avançada com remanescentes de *Eucalyptus* spp., apareceu como a de maior riqueza de escarabeídeos, seguida pela recomposição avançada sem remanescentes de *Eucalyptus* spp.. A área de recomposição inicial com remanescentes de *Eucalyptus* spp. apresentou a menor riqueza, seguida da recomposição inicial sem remanescentes de *Eucalyptus* spp. e plantio comercial. As áreas de cerrado, plantio comercial e recomposições iniciais mostraram diversidades intermediárias, enquanto as recomposições avançada com remanescentes de *Eucalyptus* spp. apresentou maior e a sem remanescentes de *Eucalyptus* sp. apresentou menor diversidade.

A presença de remanescentes de *Eucalyptus* spp. nas recomposições iniciais não interferiu nos resultados de riqueza, diversidade local, entretanto para as recomposições avançadas houve influência positiva da presença de remanescentes de *Eucalyptus* spp. tanto para a riqueza, quanto para diversidade local e regional dos besouros escarabeídeos.

As faixas ecológicas entremeadas a eucaliptocultura no Alto Vale do Jequitinhonha estão exercendo o papel de conectividade, para os besouros escarabeídeos, entre as áreas de reserva legal e preservação permanente.

O atrativo composto por fezes humanas mostrou-se o de maior eficiência, atraindo maior quantidade de indivíduos; e apresentou também maior riqueza de espécies na maioria dos ecossistemas em estudo.

Do total de espécies amostradas no levantamento e analisadas como espécies indicadoras menos de 25% apresentaram preferência por alguma das quatro iscas e por alguma das seis ecossistemas.

A heterogeneidade dos habitat afetou positivamente a riqueza, influenciou a estrutura e composição de espécies da assembleia de besouros escarabeídeos, exceto na recomposição avançada sem eucalipto, onde a diversidade foi afetada negativamente.

Os baixos valores de riqueza de espécies verificados fazem-nos perceber que as áreas de Cerrado sofrem algum distúrbio, por exemplo, a fragmentação demasiada.

Pode-se perceber a formação de dois grupos distintos, um formado pelas áreas em Regeneração apresentando-se superiores ecologicamente em relação ao segundo grupo, composto por áreas de Plantio Comercial e Cerrado (controle). Neste aspecto dois pontos de vista têm de ser relevados: um considerando a efetivação das faixas de vegetação, como corredores ecológicos e o outro, uma real possibilidade de um distúrbio negativo nas áreas de vegetação nativa, podendo ser resultado de um processo de fragmentação do ecossistema.

REFERÊNCIAS

- ABILDSNES, J. & TØMMERÅS, B.Å. Impacts of experimental habitat fragmentation on ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in a boreal spruce forest. **Annales Zoologici Fennici**. Vol. 37, n. 3, p. 201-212, 2000.
- ALMEIDA, S. S. P. & LOUZADA, J. N. C. Estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) em fitofisionomias do cerrado e sua importância para a conservação. **Neotropical Entomology**. v. 38. p. 32-43, 2009.
- ANDRESEN, E. Dung beetle assemblages in primary forest and disturbed habitats in a tropical dry forest landscape in western Mexico. **Journal of Insect Conservation**. 12:639-650, 2008.
- ANDRESEN, E. Effect of forest fragmentation on dung beetle communities and functional consequences for plant regeneration. **Ecography**. 26: 87-97, 2003.
- ANTUNES, F. Z., Caracterização climática do estado de Minas Gerais, Informe Agropecuário, 12.138, p. 9:13.1986
- ARAÚJO, J.E.V. L., *et al.*, Infestação de *Mimosa gemmulata* Barneby em áreas entre talhões de eucalipto de cerrado em sucessão secundária. **Revista Árvore**. Viçosa0MG, v. 38, n.3, p. 415-422, 2014.
- BAKER, S. C, L. A. *et al.* Estimating edge effects on ground-dwelling beetles at clearfelled non-riparian stand edges in Tasmanian wet eucalypt forest. **Forest Ecology and Management**. v. 239. p. 92-101, 2007.
- BARBOSA, O & P. A. MARQUET. Effects of forest fragmentation on the beetle assemblage at the relict forest of Fray Jorge, Chile. **O ecologia**. v. 32. p. 296-306, 2002.
- BARLOW, J.; *et al.* Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**. 104(47): 18555-18560, 2007.
- BAUM K, *et al.* The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. **Ecology**. v. 85. p. 2671- 2676, 2004.
- BEAZLEY K & CARDINAL N.. A systematic approach for selecting focal species for conservation in the forests of Nova Scotia and Maine. **Environmental Conservation** v. 31, p. 91-101, 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília, DF, 2^a ed, 510p., 2005.
- BUTTERFIELD, J. *et al.* Carabid beetle communities as indicators of conservation potential in upland forests. **Forest Ecology and Management**. v. 79, p. 63-77, 1995.
- CAGNOLO, L. *et al.* Habitat Fragmentation and Species Loss across Three Interacting Trophic Levels: Effects of Life History and Food-Web Traits. **Conservation Biology**. 23(5): 1167-1175, 2009.

CALIXTO *et al.* Trabalho, terra e geração de renda em três décadas de reflorestamentos no Alto Jequitinhonha. **Rev. Econ. Sociol. Rural.** Brasília, v. 47, n. 2, Apr/June, 2009.

CALIXTO, J. S. & RIBEIRO, A. E. M. Três olhares sobre o reflorestamento: a percepção de atores sociais sobre a monocultura de eucalipto no Alto Jequitinhonha, MG. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 437-450, 2007.

CAMPOS, W. G.; PEREIRA, D. B. S.; SCHOEREDER, J. H. Comparison of the efficiency of flight interception trap models for sampling Hymenoptera and other insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Piracicaba, v. 29, n. 3, p. 381-389, 2000.

COLWELL, R. K. Estimates: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0 User's guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>, 2006.

COSTA, C, Estado de conocimiento de los Coleoptera Neotropicales, In: **El inventario y estimación de la diversidad Entomológica en Iberoamérica**: PrIBES0 2000, Zaragoza, Sociedad Entomológica Aragonesa, 326 p, 2000.

CROOKS, K. R. & SANJAYAN, M. Connectivity Conservation. **Conservation Biology Book Series**. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2006

DAVIS A.J. *et al.* Dung beetles as indicators of change in forests of northern Borneo. **Journal of Applied Ecology**. v. 8, p. 593-616, 2001.

DAVIS, A.L.V. & PHILIPS, T.K. Effect of deforestation on a southwest Ghana dung beetle assemblage (Coleoptera: Scarabaeidae) at the periphery of Ankasa Conservation Area. **Environmental Entomology**. v. 34, p. 1081-1088, 2005.

DAVIS, A.L.V. Habitat fragmentation in southern Africa and distributional response patterns of five specialist or generalist dung beetle families (Coleoptera). **African Journal of Ecology**. v. 32. p. 192-207, 1994.

DIDHAM, R. K. The implications of changing invertebrate abundance patterns for insectivorous vertebrates in fragmented forest in Central Amazonia. In: Bierregaard, R. O., C. Gascon, T. E. Lovejoy & A. A dos Santos (Eds.). **Lessons from Amazonia**: The ecology and conservation of a fragmented forest. New Haven, Connecticut: Yale University Press. 496p, 2001.

DOUBE, B. M. The habitat preference of some bovine dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserve, South África. **Bull. Ent. Rev.** v. 73, p. 357-371, 1983.

DOUBE, M. B. A functional classification for analysis of the structure of dung beetle assemblages. **Ecological Entomology**. v. 15, n. 4, p. 371-383, November, 1990.

DUFRÊNE, M. & LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs by the Ecological Society of America**. 67(3): 345-366, 1997.

DURÃES R, MARTINS W P, VAZ-DE-MELLO F Z. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) assemblages across a natural forest cerrado ecotone in Minas Gerais, Brazil. **Neotrop Entomol.** v. 34.p. 721-731, 2005.

ENDRES, A. A; CREAÇÃO-DUARTE, A.J. & HERNÁNDEZ, M.I.M. Diversidade de Scarabaeinae s. str. (Coleoptera) da Reserva Biológica Guaribas, Mamanguape, Paraíba, Brasil: uma comparação entre Mata Atlântica e Tabuleiro Nordeste. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 51(1), p. 67-71, 2007.

ESCOBAR, F. Diversity and composition of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages in a heterogeneous Andean landscape. **Tropical Zoology**. Firenze, v. 17, n.1, p. 123-136, 2004.

FAVILA, M.; HALFFTER, G. Indicator groups for measuring biodiversity. **Acta Zoologica Mexicana**, Mexico, v. 72, n. 72, p.1025, 1997.

FELFILI & VENTUROLI, Tópicos em análise de vegetação . Comunicações técnicas florestais, v.2 , n. 2, 1-34. 2000.

FELFILI, J. M, SILVA-JUNIOR, M, C. Diversidade alfa e beta no cerrado sensu stricto, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. In: SCARIOT, A., SOUSA0SILVA, J. C.; FELFILI, J. M, organizadores. Cerrado: **Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p.143-154, 2005.

FELFILI, J. M. *et al.* Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**.v. 175,p. 37-46.2004
<<http://dx.doi.org/10.1023/B:VEGE.0000048090.07022.02>>

FELFILI, M, C., FELFILI J, M, Diversidade Alfa e Beta no Cerrado sensu strictu da Chapada Pratinha, Brasil, **Acta Botanica Brasilica**, v,15, p, 243-254, 2001.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **O ecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007.

FRANKLIN, E.; MAGNUSSON, W. E.; LUIZÃO, F. J. Relative effects of biotic and abiotic factors on the composition. **Appl Soil Ecol** 29: 259-273, 2005.

FREITAS AVL, *et al.* Insetos como indicadores de conservação da paisagem. In: ROCHA C. F. D.; BERGALLO, H. G.; VAN SLUYS, M. & ALVES, M. A. S. (Eds.) Biologia da Conservação. Rio de Janeiro, Editora da UERJ. p. 225, 2006

GALANTE, E., J. MENA & C. LUMBREIRAS. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupinae) attracted to fresh cattle dung in wooded and open pasture. **Environ. Entomol.** v. 24, p. 1063, 1995.

GARDNER, T.A.; *et al.* The costeffectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters** 11: 139-150, 2008a.

GARDNER, T.A.; HERNÁNDEZ, M.I.M.; BARLOW, J. & PERES, C.A. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: The value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *Journal of Applied Ecology* 45, p.883-893, 2008b.

GASCON, C. et al. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological Conservation**, Essex, v. 91, n. 2/3, p. 223-229, Dec.1999.

GONZÁLEZ-MEGIAS A, GÓMES J G, SÁNCHEZ0PIÑERO F Diversity habitat

heterogeneity relationship at different spatial and temporal scales. **Ecography**, v. 30: p. 31-41, 2007.

HALFFTER *et al.*, A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forest and derived ecosystems. **Folia Entomologica Mexicana**, 84, 131-156, 1992.

HALFFTER, G. & ARELLANO, L. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. **Biotropica** 34(1): 144-154, 2002.

HALFFTER, G. & FAVILA, M. E. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in Tropical rain forest and modified landscapes. **Biology International** 27:15-21, 1993.

HALFFTER, G. Historical and Ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), **Folia Entomológica Mexicana**, v. 82, p. 195-238, 1991.

HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. Resource partitioning, p. 330-349. In I. Hanski & Y. Cambefort (eds.), **Dung beetle ecology**. New Jersey, Princeton University Press, 481p, 1991.

HERNÁNDEZ, M. I. M. Besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae) da Caatinga paraibana, Brasil. **O ecologia Brasiliensis**. v.11(3), p. 356-364, 2007.

HERNÁNDEZ, M.I.M. & VAZ-DE-MELLO, F. Seasonal and spatial variation of coprophagous Scarabaeidae s. str. (Coleoptera) species richness in areas of Atlantic Forest of the state of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 53, p. 498-505, 2009.

HERNÁNDEZ, M.I.M. Artrópodes: Besouros Scarabaeidae (Coleoptera) da área do Curimataú, Paraíba. p. 369-380. In: Araújo, F.S.; Rodal, M.J.N. & Barbosa, M.R.V. (Orgs.). **Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: Suporte a Estratégias Regionais de Conservação**. Ministério do Meio Ambiente, 2005.

HESS, G. R.; FISCHER, R. A. **Communicating clearly about conservation corridors. Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 55, n. 3, p. 195-208, July, 2001.

HILL, C. J. Habitat specificity and food preferences of an assemblage of tropical Australian dung beetles. **J Trop. Ecol.** v. 12, p. 449-460, 1996.

HILL, C. J. Linear Strips of Rain Forest Vegetation as Potential Dispersal Corridors for Rain Forest Insects. **Conservation Biology**, Boston, v. 9, n. 6, p. 1.559-1.566, Dec. 1995.

HILL, M.O. **Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. Ecology**. v. 54(2), p. 427-432, 1973

HOWDEN, H. F.; NEALIS, V. G. Effects of clearing in a tropical rain forest on the composition of coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera). **Biotropica** 7: 77-83, 1975.

HUTCHESON, E. Characterization of terrestrial insect communities using quantified, Malaise-trapped Coleoptera Article first published online: 28 –jun., 2008 **Ecological Entomology**. v. 15, n. 2, p. 143-151, May, 1990.

JENNINGS, V. H. & TALLAMY, D. W. Composition and abundance of ground dwelling Coleoptera in a fragmented and continuous forest. **Environmental Entomology** n. 35, p.

1550-1560, 2006.

KLEIN, B. C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. **Ecology**, v. 70, n. 6, p. 1715-1725, 1989.

KLINK, C. A. & Machado, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, 19: 707-713, 2005.

KUBOTA, Y.; KATSUDA, K.; KIKUZAWA, K. Secondary succession and effects of clear0logging on diversity in the subtropical forests on Okinawa Island, southern Japan. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, n.4, p. 879-901, 2005.

LASSAU, S. A.; HOCHULI, D. F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, v. 27, n. 2, p. 157-164, 2004.

LOPES, J.; CONCHON, I.; YUZAWA, S. K.; KURLEIN, R. R. C. Entomofauna do Parque Estadual Mata dos Godoy – II: Scarabaeidae (Coleoptera) coletados em armadilhas de solo. **Semina Ciências Biológicas e Saúde**, Londrina, v. 15, n. 2, p. 121-127, 1994

LOUZADA, J. N. C. **Efeitos da fragmentação florestal sobre a estrutura da comunidade de Scarabaeidae (Insecta, Coleoptera)**. 2000. 95 p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

LOUZADA, J. N. C. et al. Community structure of dung beetles in Amazonian savannas: role of fire disturbance, vegetation and landscape structure. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 25, n. 4, p. 631-641, 2010.

MacARTHUR, R. H., WILSON, E. O., An equilibrium theory of insular zoogeography, **Evolution**, 373-387, 1963.

MaCARTHUR, R. H., MaCARTHUR J. W. On bird species diversity. **Ecology** 42: 594-598, 1961.

MacARTHUR, R.; LEVINS, R. Competition, habitat selection, and character displacement in a patchy environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 51, n. 6, p. 1207, 1964.

MACHADO, E. L. M.; ALMEIDA, H. S., Espécies Indicadoras do Componente Arbóreo em Comunidades de Floresta Estacional Decídua. Nota científica. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 654-656, jul. 2007.

MAESTRI , R. et al. Efeito de mata nativa e bosque de Eucalipto sobre a riqueza de artrópodos na serapilheira . **Perspectiva**, Erechim. v.37, Edição Especial, p. 31-40, março/2013.

MARINONI, R.C. & DUTRA, R.R.C. Famílias de Coleoptera capturadas com armadilha Malaise em oito localidades do Estado do Paraná, Brasil. Diversidades alfa e beta. **Revista Brasileira de Zoologia** 14(3): 751-770, 1997.

MCCUNE, B. & MEFFORD, M.J. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.10 **MjM Software**, Oregon: Gleneden Beach, 2006.

MCGEOCH, M.A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews**, 73, 181- 201, 1998.

MELO, A.S. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotrop.**, vol. 8, no. 3, Jul./Set. 2008

MENDES, J. J; RODRIGUES, S. G.; DOS SANTOS, G. R. Monocultura de eucalipto e a questão territorial: o caso da comunidade Vale das Cancelas no norte de Minas Gerais. **Florestan**, v. 1, n. 1, p. 110, 2014.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 30I, p. 445-463, 1999.

MILHOMEN, M. S.; VAZ DE MELLO, F. Z.; DINIZ, I. R. Técnicas de coleta de besouros copronecrófagos no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 38, n. 11, p 1249-1256, 2003.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2015. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>, acessado em 01 de setembro de 2015.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite**. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 65p, 2011.

MONTREUIL, O. Phylogenetic analysis and paraphyly of Coprini and Dichotomiini (Coleoptera: Scarabaeidae): biogeographic scenario. **Annales de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 34, n. 2, p. 135-148, 1998.

MORAES, J.; KOHLER, A. Análise faunística de besouros (Coleoptera) em três diferentes fitofisionomias em Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. **Caderno de Pesquisa. Série Biologia** (UNISC), v. 23, p. 34-50, 2011.

MOTA, S. L. L., *et al.* Influência dos Afloramentos Rochosos sobre a Comunidade Lenhosa no Cerrado stricto sensu, **Floresta e Ambiente**; n. 21(1), p. 8-18, 2014

MUELLER DUMBOIS, D. ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. Wiley and Sons, New York. 547p, 1974

MYERS, N. *et al* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NERI, A. V. *et al.* Regeneração de espécies nativas lenhosas sob plantio de Eucalyptus sp. em área de Cerrado na Floresta Nacional de Paraopeba, MG, Brasil. **Acta Bot. Bras.** [online]. 2005, vol.19, n.2, pp. 369-376.

NICHOLS, E. *et al.* Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. **Biological Conservation**. 141: 1461-1474, 2008

NICHOLS, E.; *et al.* Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation** 137: 1-19, 2007.

NUNES, R. V., CORRÊA, P. R., O. A., SILVA, L. R., OLIVEIRA, A. F., VAZ-DE-MELLO,

F, Z., Estratégias reprodutivas e comprimento dos chifres em *Oxysternon* (*Oxysternon*) *palemo* Castelnau, 1840 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **XXII Congresso Brasileiro de Entomologia**, Uberlândia, MG , 24 a 29 de agosto, 2008.

OLIVEIRA *et al.* Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 800-807, nov/dez, 2014.

OLIVEIRA, M. L. Stringless bee and orchid bees in Terra Firme tropical forest and forest fragments. In: BIERREGAARD, R. O. Jr; GASCON, C.; LOVEJOY, T. E.; MESQUITA, R. **Lessons from Amazonia**- the ecology and conservation of a fragmented forest. Michingan: Sheridan Books, p. 208-219, 2001.

OTAVO, S. E.; PARRADO-ROSSELLI, A. & NORIEGA, J. A. Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. **Revista de Biología Tropical**. 61:735-752, 2013.

PARDINI, R., et al. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biological conservation**. n. 124, v. 2, p. 253-266, 2005.

QUINTERO, I. & G. HALFFTER. Temporal changes in a community of dung beetles (Insecta: Coleoptera: Scarabaeinae) resulting from the modification and fragmentation of tropical rain forest. **Acta Zoológica Mexicana**. n. 25(3), p. 625-649, 2009.

RESENDE, F. N. Mudanças do Uso da Terra no Cerrado sobre Comunidade de Besouros Escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia**. |RBGE| ISSN 223701664 5 p. 87-102, 2012.

WALTER, B.M. T., *et al.*, O conceito de savana e de seu componente Cerrado. **SANO, SM; ALMEIDA, SP, JF Cerrado : ecologia e flora**. Brasília: EMBRAPA, 21-45, 2008.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In Sano S M, Almeida S P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa, CPAC, 556p, 1998.

SAMWAYS, J. M.; SMITH, J.; TAYLOR, S. Assessing Riparian Quality Using Two Complementary Sets of Bioindicators, **Biodiversity and Conservation**. v. 16, n. 9, p. 2695-2713, August , 2007.

SCHEFFLER P. Y. Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) diversity and community structure across three disturbance regimes in eastern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**. n. 21, p. 9-19, 2005.

SCHIFFLER, G. Fatores determinantes da riqueza local de espécies de Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecídica. Lavras: UFLA, 68 p. 2003.

SILVA, A. C. Caracterização morfológica, física, química e classificação dos solos das terras da Acesita Energética. UFVJM. Diamantina, 2006.

SILVA, F. A. B. Sistemática, biogeografia e comportamento em *Deltochilum* (*Aganhyboma*)(Coleoptera: Scarabaeidae). Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, 2012.

SILVA, P. G., AUDINO, L.D., NOGUEIRA, J.M., MORAES, L.P. & VAZ-DE-MELLO, F.Z. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) from native grassland in Pampa biome, Rio Grande do Sul, Brazil. **Biota Neotrop.** n.12(3), 2007: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v12n3/en/abstract?inventory+bn0161203201>>

SILVA, P. G.; *et al.* Besouros copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae stricto sensu) coletados em ecótono natural de campo e mata em Bagé, RS. **Ciência e Natura**, v. 30, n. 2, p. 71-91, 2008.

SILVA, R. J., COLETTI, F., COSTA, D. A., VAZ-DE-MELLO, F. Z., Rola-bostas (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de florestas e pastagens no sudoeste da Amazônia brasileira: Levantamento de espécies e guildas alimentares, **Acta Amazônica**, v. 44(3), p. 345-352, 2014.

SILVA, R. J.; DINIZ, S.; VAZ-DE-MELLO, F. Z. Heterogeneidade do Habitat, Riqueza e Estrutura da Assembléia de Besouros Rola-Bostas (Scarabaeidae: Scarabaeinae) em Áreas de Cerrado na Chapada dos Parecis, MT. **Neotrop Entomol** v.39, n. 6, p. 934-940, 2010.

SOBEK, S. *et al.* Spatiotemporal changes of beetle communities across a tree diversity gradient. **Diversity and Distributions**, v. 15, n. 4, p. 660-670, 2009.

SPECTOR S, AYZAMA S Rapid turnover and edge effects in dung beetle assemblages (Scarabaeidae) at a Bolivian Neotropical forest savanna ecotone. **Biotropica**. n. 35: p. 394-404, 2003.

TEWS *et al.* Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. **J Biogeogr** 31: 79-92, 2004.

THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P. B. W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmida. Rio Branco: Embrapa Acre, (**Embrapa Acre. Documentos**, 57). 21p, 2000

TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON, N.F. **Borror and DeLong's: Introduction to the Study of Insects**. Belmont: Thomson Brooks/Cole, 7ª ed., 864p, 2005.

TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON, N.F. **Estudo dos Insetos**. 7ª ed. São Paulo, Cengage Learning. 816p. 2011.

VIEIRA, L.; LOUZADA, J.N.C. & SPECTOR, S. Effects of degradation and replacement of southern Brazilian coastal sandy vegetation on the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). **Biotropica** 40(6): 719-727, 2008.

VULINEC, K., LAMBERT, J.E.; MELLOW, D.J. Primate and Dung Beetle Communities in Secondary Growth Rain Forests: Implications for Conservation of Seed Dispersal Systems. **International Journal of Primatology**, 27(3): 855-879. 2006

Wikipédia <https://pt.wikipedia.org/wiki/Minas_Gerais>, acessado em 15 de agosto de 2015.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores de qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n.1, p. 60-71, 2005.

ZUDEIMA, P. A.; SAYER, J. A.; DIJKMAN, W. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized conservation areas. **Environmetal Conservation**, v. 23, p. 290-297, 1996.

ZUNINO, M. Las relaciones taxonómicas de los Phanaeina y sus implicaciones biogeográficas. **Folia Entomológica Mexicana**, México, v. 64, p. 101-115, 1985.